



# Disponibilité et exploitation des ressources ligneuses par les paléoesquimaux et Inuit sur la côte ouest du Nunavik (Québec, Canada)

Stéphanie Steelandt

## ► To cite this version:

Stéphanie Steelandt. Disponibilité et exploitation des ressources ligneuses par les paléoesquimaux et Inuit sur la côte ouest du Nunavik (Québec, Canada). Paléontologie. Université de Rennes; Université Laval (Québec, Canada), 2014. Français. NNT : 2014REN1S127 . tel-01142908

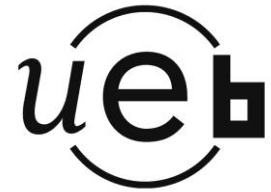
**HAL Id: tel-01142908**

**<https://theses.hal.science/tel-01142908>**

Submitted on 16 Apr 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**THÈSE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1**  
*sous le sceau de l'Université Européenne de Bretagne*

En Cotutelle Internationale avec  
**Université Laval, Québec**

pour le grade de  
**DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE RENNES 1**  
*Mention : Archéosciences*

**Ecole doctorale Sciences de la Matière**

présentée par

**Stéphanie Steelandt**

préparée à l'unité de recherche UMR 6566 CReAAH  
Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire  
Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes (OSUR)

**Disponibilité et  
exploitation des  
ressources  
ligneuses par les  
paléoesquimaux et  
les Inuit sur la côte  
ouest du Nunavik  
(Québec, Canada)**

**Thèse soutenue à l'Université Laval  
le 12 novembre 2014**

devant le jury composé de :

**Dominique MARGUERIE**

Directeur de recherche, CNRS / *directeur de thèse*

**Najat BHIRY**

Professeur, Université Laval / *co-directrice de thèse*

**Emilie GAUTHIER**

Professeur, Université de Franche-comté / *rapporteur*

**Cynthia ZUTTER**

Professeur, Université de Grant Mac Ewan / *rapporteur*

**Anne-Catherine PIERSON-WICKMANN**

Maître de Conférences, Univ.de Rennes 1 / *examineur*

**Pierre DESROSIERS**

Chercheur, Institut culturel Avataq / *examineur*



## RÉSUMÉ

Les bois flottés actuels et ressources ligneuses archéologiques trouvés sur la côte ouest du Nunavik ont été étudiés afin de documenter leurs caractéristiques, méthodes de collecte, exploitations et origines. Au total, 1572 bois flottés provenant des plages d'Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq ont été examinés. Ces bois étaient moins nombreux, de plus petites tailles et plus dégradés dans les aires les plus au nord. Huit taxons ont été identifiés sous microscope. L'épinette était majoritaire, suivie du saule, du mélèze, du peuplier et de l'aulne. Le cèdre blanc, le bouleau blanc et le sapin baumier étaient également présents mais extrêmement rares. La composition de 293 bois archéologiques, 550 charbons et 11 artefacts ligneux provenant de 11 sites archéologiques dans les quatre zones d'études n'était guère différente. Des charbons de pin rouge ou pin sylvestre et de châtaignier ont été découverts dans un site archéologique à Ivujivik mais étaient probablement importés. De plus, de nombreux charbons d'éracacées probablement locaux ainsi que du chêne ont été trouvés dans les sites archéologiques aux alentours d'Umiujaq. La présence du cèdre blanc et du bouleau blanc dans les amas de bois flottés actuels et archéologiques témoigne d'une origine des bois au sud et sud-est de la Baie de James. Ce résultat est également appuyé par les études comparatives et interdatations des largeurs moyennes de cernes de croissance. Des entrevues avec 27 Aînés dans les quatre villages révèlent que : le vocabulaire du bois était plus diversifié dans les villages les plus méridionaux; les arbustes étaient coupés en automne et utilisés pour la confection de matelas ou pour le feu; les plus gros bois étaient prioritairement utilisés pour la construction des bateaux, des kayaks et traîneaux; à Ivujivik, les bois flottés étaient principalement collectés l'été par bateau autour des îles alors que plus au sud, les gros bois étaient collectés ou coupés l'hiver puis rapportés par traîneaux à chiens. Finalement, des expérimentations visant à différencier chimiquement un bois flotté d'un bois non flotté pour en déduire le mode de collecte des gros bois archéologiques, ont montré un plus fort enrichissement en sodium dans les bois immergés. Des analyses en composantes principales (ACP), basées sur les concentrations relatives des cations, montrent que les bois immergés et secs peuvent être séparés en deux groupes. La complémentarité de ces recherches xylogiques, anthracologiques, radiométriques, dendrochronologiques, sociales et chimiques sur les ressources ligneuses au Nunavik apporte des connaissances précieuses et inédites sur cette matière première fondamentale dans la vie quotidienne des Inuit et de leurs ancêtres.





## ABSTRACT

Modern driftwood and archaeological wood found on the west coast of Nunavik were studied in order to document its characteristics, methods of collection, uses and origins. In total, 1572 driftwood samples from beaches around Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq were examined. Driftwood in the more northern areas was less frequent, smaller in size and more degraded. Eight taxa were identified under a microscope. Spruce was the most abundant, followed by willow, larch, poplar and alder. White cedar, white birch and balsam fir were extremely rare. The composition of the 293 wood samples, 550 charcoals and 11 wooden artifacts from 11 archaeological sites located within the four study areas was similar to the driftwood composition. Charcoals of red pine, Scots pine and chestnut were found at an archeological site in Ivujivik, but these were probably imported. In addition, many local ericaceous charcoals and an oak sample were found at archaeological sites around Umiujaq. The presence of white cedar and white birch in both modern and archaeological wood samples indicated that the wood originated from the south and southeast of James Bay. This conclusion is supported by comparative studies and cross-dating of the average growth rings. Interviews with 27 elders from the four villages revealed that: the wood vocabulary was more diversified in the southern villages; shrubs were cut in autumn and used for making mattresses or as fuel; the larger driftwood pieces were primarily used for the construction of boats, kayaks or sleds; in Ivujivik, driftwood was mainly collected in the summer by boat from around the islands whereas further south, the large wood pieces were collected or cut in winter and carried by dogsled. Finally, experiments to chemically differentiate immersed wood from dry wood in order to deduce the harvesting method of the large archaeological wood specimens, showed a stronger enrichment in sodium in the submerged woods. Principal component analyses (PCA), which are based on the relative concentrations of cations, allowed us to divide the immersed and dry samples into two groups. Principal component analyses (PCA), based on the relative concentrations of cations, reveal that the immersed and dry samples can be separated into two groups. The complementarity of these xylological, anthracological, radiometric, dendrochronological, social and chemical studies on wood resources in Nunavik provides invaluable and original knowledge concerning this essential raw material in the daily life of the Inuit and their ancestors.



# TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ .....	iii
ABSTRACT .....	v
TABLE DES MATIERES .....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	xiii
LISTE DES FIGURES .....	xv
REMERCIEMENTS .....	xxi
AVANT- PROPOS.....	xxv
 INTRODUCTION GENERALE .....	 1
1. LES RESSOURCES LIGNEUSES EN ARCTIQUE .....	2
1.1 Sources potentielles des matériaux ligneux en Arctique et intérêt de leur étude .....	2
1.2 Cycle du bois flotté en Arctique .....	3
1.3 Facteurs influençant la composition et la distribution des bois flottés sur les plages.....	4
1.3.1 - La végétation des régions nordiques.....	4
1.3.2 - Les conditions météorologiques.....	10
1.3.3 - Les courants marins .....	10
1.3.4 - La banquise (glace de mer).....	14
1.3.5 - Le temps de flottaison .....	14
1.3.6 - Le facteur anthropique .....	15
1.4 Composition actuelle des essences de bois sur les plages et dans les sites archéologiques en Arctique oriental et occidental .....	16
1.4.1 - Synthèse des connaissances sur les essences de bois flottés en Arctique .....	16
1.4.2 - Synthèse des connaissances sur les essences de bois et charbons dans les sites archéologiques arctiques.....	16
1.4.3 - Absence de données sur les ressources ligneuses au Nunavik.....	18
2. TERRITOIRE D'ÉTUDE .....	18
2.1 Évolution du contexte naturel au Nunavik .....	19
2.2 Occupation humaine au Nunavik .....	21
2.2.1 - Les Paléoesquimaux (Prédorsétiens et Dorsétiens) .....	22
2.2.2 - Les Néoesquimaux (Thuléens, Inuit).....	25
2.3 Régions d'étude.....	26
2.3.1 - La région d'Ivujivik.....	27
2.3.2 - La région d'Akulivik .....	30
2.3.3 - La région d'Inukjuak .....	32
2.3.4 - La région d'Umiujaq et du lac Guillaume-Delisle .....	35
3. CADRE DE LA RECHERCHE ET PROBLEMATIQUE.....	39

<b>4. OBJECTIFS .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Objectif général .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2 Objectifs spécifiques .....</b>	<b>42</b>
<b>5. MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1 Prélèvement et analyse des ressources ligneuses actuelles et archéologiques sur la côte ouest du Nunavik (Chapitres 1 et 2) .....</b>	<b>43</b>
5.1.1 - Collecte des bois flottés et ressources ligneuses archéologiques .....	43
5.1.2 - Analyse des bois et charbons de bois .....	46
a) Analyses xylologiques et anthracologiques .....	46
b) Evaluation de l'état morphologique et du volume des ressources ligneuses .....	47
c) Analyses des cernes de croissance .....	47
d) Analyses dendrochronologiques .....	48
<b>5.2 Connaissances et perceptions des Inuit concernant la disponibilité et l'exploitation des ressources en bois sur la côte ouest du Nunavik (Chapitre 3) .....</b>	<b>52</b>
5.2.1 - Enjeux de l'intégration des savoirs autochtones .....	52
5.2.2 - Type de recherche qualitative utilisé .....	53
5.2.3 - Préparation des entretiens .....	53
a) Accords éthiques préalables .....	53
b) Élaboration du guide d'entretien .....	55
c) Méthodes de recrutement .....	56
5.2.4 - Déroulement des entretiens .....	58
a) Lieu et moment de l'entrevue .....	58
b) Présentation du projet, signature du formulaire de consentement et enregistrement .....	58
c) L'entretien et ses limites .....	59
d) Renseignements personnels et compensation du participant .....	60
5.2.5 - Traitements des données qualitatives .....	61
a) Transcription et limite de la traduction .....	61
b) Analyse et interprétation des données .....	61
<b>5.3 Différenciation entre bois flotté et non flotté par des analyses chimiques (Chapitre 4) .....</b>	<b>62</b>
5.3.1 - Prélèvements et expérience sur le terrain .....	62
5.3.2 - Traitement des bois en laboratoire .....	63
5.3.3 - Traitement statistique .....	65
<b>6. STRUCTURE DE LA THESE .....</b>	<b>65</b>
<b>6.1 Chapitre 1 .....</b>	<b>65</b>
<b>6.2 Chapitre 2 .....</b>	<b>65</b>
<b>6.3 Chapitre 3 .....</b>	<b>66</b>
<b>6.4 Chapitre 4 .....</b>	<b>66</b>
<b>7. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>67</b>

<b>CHAPITRE 1 .....</b>	<b>87</b>
<b>A study of the composition, characteristics and origin of modern driftwood on the western coast of Nunavik (Quebec, Canada).....</b>	<b>87</b>
<b>RÉSUMÉ .....</b>	<b>88</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>89</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>90</b>
<b>2. MATERIAL AND METHODS .....</b>	<b>91</b>
<b>2.1 Territory and study areas .....</b>	<b>91</b>
<b>2.2 Collection, description and measurement of driftwood samples.....</b>	<b>92</b>
<b>2.3 Wood identification.....</b>	<b>96</b>
<b>2.4 Counting, measurement and observation of tree rings .....</b>	<b>96</b>
<b>2.5 Tree-ring analysis .....</b>	<b>98</b>
<b>3. RESULTS AND DISCUSSION .....</b>	<b>99</b>
<b>3.1 Anatomical and morphological features of driftwood pieces.....</b>	<b>99</b>
3.1.1 - Taxa distribution .....	99
3.1.2 - Morphological features: Presence of bark, root system, animal degradation and anthropogenic use.....	104
3.1.3 - Shape and volume of driftwood .....	106
<b>3.2 Tree rings study .....</b>	<b>110</b>
3.2.1 - Life span of driftwood samples.....	110
3.2.2 - Season of death and entry into the water.....	111
a) Average ring width analysis .....	112
b) Comparison between the average ring widths of trees from different areas and driftwood samples .....	114
c) Dendrochronology .....	117
<b>4. CONCLUSION .....</b>	<b>121</b>
<b>5. ACKNOWLEDGMENTS .....</b>	<b>122</b>
<b>6. REFERENCES.....</b>	<b>122</b>
 <b>CHAPITRE 2 .....</b>	 <b>133</b>
<b>Charcoal and wood from archaeological sites on the west coast of Nunavik (Quebec, Canada) .....</b>	<b>133</b>
<b>RÉSUMÉ .....</b>	<b>134</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>135</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>136</b>
<b>2. MATERIAL AND METHODS .....</b>	<b>137</b>
<b>2.1 Study areas .....</b>	<b>137</b>

2.2 Human occupations and sampling of wood fragments and charcoals .....	138
2.3 Identification of charcoals and wood fragments .....	140
2.4 Evaluation of wood fragment calibers .....	141
2.5 Radiocarbon dating and tree ring analyses.....	141
3. RESULTS AND DISCUSSION .....	143
3.1 Taxa distribution.....	143
3.2 Evaluation of wood resource calibers.....	149
3.3 Hypothesis on the origin and dating of archaeological woods by tree-ring analysis.....	150
3.3.1 - Average growth-ring width .....	150
3.3.2 - Comparison of average ring width of trees from different areas and average ring width of archaeological wood samples .....	153
3.3.3 - Radiocarbon dating and cross-dating of archaeological woods.....	155
4. CONCLUSION .....	159
5. ACKNOWLEDGMENTS.....	160
6. REFERENCES .....	160
 CHAPITRE 3.....	 169
Inuit knowledge and use of wood resources on the west coast of Nunavik, Canada.....	169
RÉSUMÉ .....	170
ABSTRACT .....	171
1. INTRODUCTION .....	172
2. STUDY REGIONS .....	172
3. METHODS .....	174
4. WOOD RESOURCES AND RELATED VOCABULARY .....	175
5. INUIT KNOWLEDGE ABOUT SHRUBS AND TREES IN NUNAVIK .....	178
5.1 Collection of shrubs and trees.....	178
5.2 Use of shrubs .....	183
6. INUIT KNOWLEDGE ABOUT DRIFTWOOD .....	185
6.1 Quality and quantity of driftwood .....	185
6.2 Best accumulation sites for driftwood .....	186
6.3 Origins of the driftwood.....	186
6.4 Arrival time and gathering of driftwood .....	187
6.5 Use of driftwood .....	190
7. CONCLUSION .....	194
8. ACKNOWLEDGMENTS .....	195
9. REFERENCES .....	196

CHAPITRE 4 .....	201
Chemical differentiation between immersed, dry and archaeological wood in Nunavik (Northern Quebec, Canada): Preliminary results .....	201
RÉSUMÉ .....	202
ABSTRACT.....	203
1. INTRODUCTION .....	204
2. MATERIAL AND METHODS .....	207
2.1 Field experience and sampling.....	207
2.2 Analytical procedures.....	208
2.3 Statistical analysis.....	209
3. RESULTS .....	209
3.1 Major and trace element concentrations in dry and immersed wood.....	209
3.2 Major and trace element concentrations in two archaeological wood samples .....	212
3.3 Multivariate data analysis .....	213
4. DISCUSSION.....	215
4.1 Seawater effect on the wood chemistry.....	215
4.2 Origin of the archaeological wood samples.....	218
5. CONCLUSION AND PERSPECTIVES .....	219
6. ACKNOWLEDGMENTS .....	220
7. REFERENCES.....	220
 CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES .....	 225
1. CONTRIBUTION SCIENTIFIQUE DE LA THESE.....	226
1.1 Connaissances apportées sur les bois flottés actuels au Nunavik (Chapitre 1) .....	226
1.2 Connaissances apportées sur les bois et charbons de bois récoltés sur les sites archéologiques du Nunavik (Chapitre 2) .....	228
1.3 Savoirs des Aînés relatifs à l'exploitation des ressources ligneuses au Nunavik (Chapitre 3).....	230
1.4 Résultats préliminaires portant sur la différenciation chimique entre bois flottés et non flottés (Chapitre 4).....	232
2. PERSPECTIVES DE RECHERCHE .....	234



<b>ANNEXES.....</b>	<b>237</b>
<b>ANNEXE 1 : .....</b>	<b>239</b>
<b>Caractéristiques anatomiques des espèces identifiées sur les plages actuelles et sites archéologiques de la côte ouest du Nunavik .....</b>	<b>239</b>
<b>ANNEXE 2 : .....</b>	<b>249</b>
<b>Clés d'identification .....</b>	<b>249</b>
<b>ANNEXE 3 : .....</b>	<b>253</b>
<b>Exemples d'inter-datations des courbes moyennes indicées d'échantillons de bois flottés provenant d'Ivujivik avec des séries de références d'épinettes noires provenant du sud-est de la baie d'Hudson et de la baie James.....</b>	<b>253</b>
<b>ANNEXE 4 : .....</b>	<b>255</b>
<b>Datations calibrées .....</b>	<b>255</b>
<b>ANNEXE 5 : .....</b>	<b>257</b>
<b>Accord du Comité pluri-facultaire d'éthique de la recherche de l'Université Laval .....</b>	<b>257</b>
<b>ANNEXE 6 : .....</b>	<b>261</b>
<b>Communiqué pour le recrutement.....</b>	<b>261</b>
<b>ANNEXE 7 : .....</b>	<b>263</b>
<b>Exemple de lettre aux mairies.....</b>	<b>263</b>
<b>ANNEXE 8 : .....</b>	<b>265</b>
<b>Formulaire de confidentialité .....</b>	<b>265</b>
<b>ANNEXE 9 : .....</b>	<b>267</b>
<b>Formulaire de consentement .....</b>	<b>267</b>
<b>ANNEXE 10 : .....</b>	<b>271</b>
<b>Guide d'entretien.....</b>	<b>271</b>
<b>ANNEXE 11 : .....</b>	<b>279</b>
<b>Exemple de photo de bois flottés présentés aux participants .....</b>	<b>279</b>
<b>ANNEXE 12 : .....</b>	<b>281</b>
<b>Contrat pour l'interprète.....</b>	<b>281</b>
<b>ANNEXE 13 : .....</b>	<b>285</b>
<b>Tableaux des pesées .....</b>	<b>285</b>
<b>ANNEXE 14 : .....</b>	<b>287</b>
<b>Concentrations de tous les cations dans les bois flottés, non flottés et archéologiques analysés.....</b>	<b>287</b>

# LISTE DES TABLEAUX

## INTRODUCTION GENERALE

<b>Tableau 1 :</b> Principales espèces de la taïga nord-américaine et eurasienne .....	6
<b>Tableau 2 :</b> Plusieurs propositions de zones bioclimatiques de la toundra .....	8
<b>Tableau 3 :</b> Séries de référence testées issues des régions situées au sud des aires d'étude, sur la côte ouest du Nunavik .....	51
<b>Tableau 4 :</b> Identification des participants .....	57

## CHAPITRE 1

<b>Table 1 :</b> Summary table indicating the number of samples measured, collected, identified and selected for tree-ring analysis per study sites in the areas of Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq .....	94
<b>Table 2 :</b> Average ring width of woods from living trees in the areas of Ivujivik, Inukjuak, Boniface river, Umiujaq and Kuujjuaraapik .....	97
<b>Table 3 :</b> Tree ring chronology tested as reference series from the west southern shores of Hudson Bay and James Bay .....	99
<b>Table 4 :</b> Species distribution of coastal driftwood accumulations in the different sites at Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq .....	102
<b>Table 5 :</b> Morphological features of coastal driftwood accumulations in the studied sites .....	104
<b>Table 6 :</b> Mean dimensions (diameters, lengths and volumes) of driftwood samples per taxon in the study .....	109

## CHAPITRE 2

<b>Table 1 :</b> Average ring width of some woods from living trees ( <i>Larix laricina</i> , <i>Picea glauca</i> et <i>Picea mariana</i> ) in Boniface river, Umiujaq, Kuujjuaraapik, James Bay and Churchill .....	142
<b>Table 2 :</b> Tree ring chronology tested as reference series from the southeastern shores of Hudson Bay and James Bay .....	142
<b>Table 3 :</b> Morphological features of archaeological woods and charcoals to evaluate the wood calibers: a) Presence/absence of pith/external limit, b) curved rings .....	150
<b>Table 4 :</b> <sup>14</sup> C and calibrated dating of archaeological woods from JeGn-2 and IbGk-3 sties. The four archaeological woods selected for dendrochronology analysis have been put in bold. ....	157

## CHAPITRE 3

<b>Table 1 :</b> Wood-related Nunavik Inuktitut vocabulary of the participants .....	177
<b>Table 2 :</b> Examples of <i>qajaq</i> ('boat') vocabulary of elders in Inukjuak .....	178
<b>Table 3 :</b> Examples of objects made from driftwood, as mentioned by Inuit elders and listed in early ethnographies of eastern Arctic Inuit .....	191

## CHAPITRE 4

<b>Table 1 :</b> Element concentrations (ppm or µg/g of wood) in dry, immersed and archaeological woods .....	211
<b>Table 2 :</b> Factorial Coordinates of Variables and Relative Contributions (%) of Variables to Principal Components 1 (F1) and 2 (F2) .....	215



# LISTE DES FIGURES

## INTRODUCTION GENERALE

<b>Figure 1</b> : Cycle du bois flotté (aux environs de l'Ile Bélanger, Umiujaq).....	3
<b>Figure 2</b> : Arctique circumpolaire – Zones bioclimatiques majeures (forêt boréale, ligne des arbres et toundra arctique), principales espèces ligneuses des forêts boréales sibériennes et nord-américaines et courants marins .....	9
<b>Figure 3</b> : Principales différenciations chronoculturelles de l'Arctique nord américain et du Groënland.....	22
<b>Figure 4</b> : Zones de végétation au Nunavik et localisation des sites d'étude .....	26
<b>Figure 5</b> : Localisation des sites archéologique KcFs-2 sur les îles Nuvuk et KdFr-3 sur les îles Digges dans la région d'Ivujivik.....	28
<b>Figure 6</b> : Site archéologique KcFs-2 (maison 3) sur l'île Nuvuk.....	29
<b>Figure 7</b> : Carte localisant les structures archéologiques du site KcFs-2.....	29
<b>Figure 8</b> : Localisation du site JeGn-2 sur l'île Smith dans la région d'Akulivik .....	31
<b>Figure 9</b> : Site archéologique JeGn-2 sur l'île Smith (Akulivik).....	31
<b>Figure 10</b> : Carte localisant les structures archéologiques du site JeGn-2.....	32
<b>Figure 11</b> : Localisation du site archéologique IbGk-3 sur l'île Drayton dans la région d'Inukjuak .....	34
<b>Figure 12</b> : Structure fouillée sur le site archéologique IbGk-3 sur l'île Drayton (Inukjuak) ....	34
<b>Figure 13</b> : Carte localisant les structures archéologiques du site IbGk-3.....	35
<b>Figure 14</b> : Localisation des sites archéologiques HaGb-3,9, HaGd-4,7, 24,30 and HaGe-12 dans la région d'Umiujaq.....	37
<b>Figure 15</b> : Sites archéologiques HaGd-4 dans le complexe du Golfe Hasard (Umiujaq).....	38
<b>Figure 16</b> : Détail du site HaGd-30 (Umiujaq).....	38
<b>Figure 17</b> : Bois de la structure d'une maison semi-souterraine du site archéologique IbGk-3 sur l'île Drayton .....	40
<b>Figure 18</b> : Exemple de bois flottés actuels trouvés sur l'île Drayton (Inukjuak).....	40
<b>Figure 19</b> : Collectes (a), mesures (b) et prélèvements des bois flottés à l'aide d'une sciote et scie à chaîne mécanique dans les alentours d'Inukjuak (c) et d'Umiujaq (d) .....	43
<b>Figure 20</b> : Exemples de : a) et b) charbons et éventuelle préhampe de harpon au site JeGn-2 (Akulivik), c) fragments de larges bois dans le site IbGk-3 (Inukjuak) et d) bol au site HaGe-12 (Umiujaq).....	44
<b>Figure 21</b> : Identification des bois selon trois coupes anatomiques : transversale, radiale et tangentielle.....	46
<b>Figure 22</b> : Mesures des cernes de croissance au micromètre et détection des cernes diagnostiques .....	50
<b>Figure 23</b> : Ponçage d'un bois flotté .....	50
<b>Figure 24</b> : Entrevues à Inukjuak avec a) Aibilie Echalook dans sa maison et b) Elisapi Weetaluktuk sur la plage.....	58
<b>Figure 25</b> : Objets en bois (patin de traîneau, talisman et toupis) présentés par Daniellie Inukpuk dans sa maison à Inukjuak .....	60
<b>Figure 26</b> : Présentation de branches de bouleaux nains et d'une carte de la région à Nellie Nastapoka lors de son entrevue dans sa maison à Inukjuak .....	60
<b>Figure 27</b> : Prélèvement de 0,5 g de bois sur les derniers cernes.....	64
<b>Figure 28</b> : Broyage après versement d'azote liquide .....	64
<b>Figure 29</b> : Evaporation à sec des containers Savillex ouverts sur plaque chauffante.....	64
<b>Figure 30</b> : Pesée de la première dilution D1 .....	64

## CHAPITRE 1

<b>Figure 1 :</b> Location of the four study areas (Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq) in Nunavik, the vegetation zones, the direction of water currents in Hudson Bays and James Bays and the tree-ring chronologies tested.....	92
<b>Figure 2 :</b> Collection sites of driftwood samples in the regions of Ivujivik (a), Akulivik (b), Inukjuak (c) et Umiujaq (d) (red dots) .....	95
<b>Figure 3 :</b> Driftwood gathering on a beach of Smith island near Akulivik (a) and countless driftwood accumulating on Belanger island near Umiujaq (b).....	95
<b>Figure 4 :</b> Current distribution of four conifer species in the American Arctic that were present in driftwood assemblages along the eastern coast of Hudson Bay: <i>Larix</i> sp., <i>Picea</i> sp., <i>Thuja occidentalis</i> and <i>Abies balsamea</i> with the sampling sites. ....	103
<b>Figure 5 :</b> a) Wood sample ( <i>Picea</i> sp.) with blue stain fungi or filamentous fungal hyphae found along the Kongut River (Inukjuak) and b) Wood sample ( <i>Picea</i> sp./ <i>Larix</i> sp.) with terrestrial insect tunnels found on Smith Island (Akulivik) .....	106
<b>Figure 6 :</b> Average volumes of driftwood samples at the study sites .....	108
<b>Figure 7 :</b> Proportion of three classes of driftwood volumes in the study sites .....	108
<b>Figure 8 :</b> Histograms showing the frequency distribution of classes of the average ring width of driftwood samples in the four villages (Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq) for each taxon ( <i>Picea</i> sp., <i>Larix</i> sp., <i>Picea</i> sp./ <i>Larix</i> sp., <i>Populus</i> sp., <i>Salix</i> sp./ <i>Populus</i> sp., <i>Alnus</i> sp., <i>Thuja</i> sp., <i>Abies</i> sp., <i>Betula</i> sp.) .....	113
<b>Figure 9 :</b> Comparison of the average growth-ring widths of larch and spruce driftwood samples (black dots) with the average growth-ring widths of <i>Larix laricina</i> trees and <i>Picea mariana</i> trees from the areas of Churchill, James Bay, Kuujuarapik and Boniface (shaded areas).....	116
<b>Figure 10 :</b> Life periods of spruce (uniform lines) and larch (dotted lines) driftwood samples from different villages .....	118
<b>Figure 11 :</b> Examples of dendro-provenance for six driftwood samples of spruce from Akulivik .....	119
<b>Figure 12 :</b> Driftwood chronology of <i>Picea mariana</i> with 103 growth rings from the Kongut River (Inukjuak) using the chronology from La Grande Rivière. ....	120

## CHAPITRE 2

<b>Figure 1 :</b> Location of the four study areas (Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq) in Nunavik, the vegetation zones, the direction of water currents in Hudson Bay and James Bay and the tree-ring chronologies tested.....	137
<b>Figure 2 :</b> Location of archaeological sites studied in the regions of Ivujivik: KdFr-3 on the Digges islands and KcFs-2 on Nuvuk-3 island (a), Akulivik: JeGn-2 on Smith island (b), Inukjuak : IbGk-3 on Drayton island (c) and Umiujaq: HaGd-4, 7, 24, 30 at Gulf Hazard, HaGb-3 and 9 on Cairn island, and HaGe-12 at the southeastern extremity of Richmond Gulf (d) (grey squares) .....	140
<b>Figure 3 :</b> Species distribution of charcoals and woods found in the different archaeological sites in a) Ivujivik (KcFs-2 and KdFr-3), b) Akulivik (JeGn-2), c) Inukjuak (IbGk-3) and d) Umiujaq (HaGb-3,9, HaGd-4,7, 24,30 and HaGe-12).....	147
<b>Figure 4 :</b> Distribution of different species of pines and direction of water currents in Arctic	148
<b>Figure 5 :</b> Distribution of white cedar ( <i>Thuja occidentalis</i> ) in southern James Bay .....	149
<b>Figure 6 :</b> Histograms showing the frequency distribution of average ring width classes in the four areas for each species .....	152

<b>Figure 7 :</b> Average ring widths of archaeological larch and spruce from the different study sites with average ring widths of <i>Larix laricina</i> and <i>Picea mariana</i> trees from Churchill, James Bay, Kuujjuarapik, Umiujaq and Boniface .....	154
<b>Figure 8 :</b> Driftwood chronology of <i>Picea</i> sp. with 37 growth rings from JeGn-2 (Akulivik) via the chronology of spruce ( <i>Picea mariana</i> ) from Boniface river (Arseneault, unpublished).....	158
<b>Figure 9 :</b> Driftwood chronology of <i>Larix</i> sp. with 39 growth rings from IbGk-3 (Inukjuak) via the chronology of larch ( <i>Larix laricina</i> ) from Rivière-aux-Feuilles .....	158

### CHAPITRE 3

<b>Figure 1 :</b> Location of the four study regions in Nunavik.....	175
<b>Figure 2 :</b> Driftwood gathered and shown to the elders during the interviews.....	178
<b>Figure 3 :</b> Map of Ivujivik and surrounding area. Shaded areas: best places for driftwood gathering.....	179
<b>Figure 4 :</b> Map of Akulivik and surrounding area. Green dots: best places for gathering driftwood ; shaded areas: best driftwood accumulation sites.....	180
<b>Figure 5 :</b> Map of Inukjuak and surrounding area. Green dots: best places for gathering shrubs; shaded areas: best driftwood accumulation sites.....	181
<b>Figure 6 :</b> Map of Umiujaq and surrounding area. Green dots: best places for gathering shrubs; shaded areas: best places for gathering driftwood.....	182
<b>Figure 7 :</b> Daniellie Inukpuk showing a mattress ( <i>alliaq</i> ) made with branches from <i>avaalaqiaq</i> , i.e. Arctic dwarf birch ( <i>Betula glandulosa</i> ).....	184
<b>Figure 8 :</b> Building of a boat by fathers of interviewed elders in Ivujivik, 1960. ....	190
<b>Figure 9 :</b> Mattiusi Iyaituk with his father's harpoon .....	192
<b>Figure 10 :</b> Drying frame for fox skin .....	192
<b>Figure 11 :</b> A wooden table used to remove blubber from sealskin ( <i>atirag</i> ) and, on its right, a woman's knife ( <i>ulu</i> ) .....	192
<b>Figure 12 :</b> Josepie Nalukturuk making a paddle.....	192
<b>Figure 13 :</b> Left to right: a talisman (length: 10 cm) and two spinning tops presented by Aibillie Echalook.....	193
<b>Figure 14 :</b> Driftwood and commercially processed wood used to support a tent .....	194

### CHAPITRE 4

<b>Figure 1 :</b> Location of IbGk-3 archaeological site on Drayton Island in Inukjuak (black square and map on the left) and location of sampling of woods and field experience in Umiujaq and Kuujjuarapik (black dots) (Nunavik) .....	206
<b>Figure 2 :</b> Wood structure of a semi-subterranean dwelling in the IbGk-3 archaeological site on Drayton Island .....	207
<b>Figure 3 :</b> (a) Concentrations of Na, Ca and Mg, and (b) concentrations of Al, Mn and Ba in all analyzed samples .....	210
<b>Figure 4 :</b> Scores of PCA from concentrations of dry, immersed and archaeological woods taking into account 14 element concentrations normalized to the total cation concentrations. F1 and F2: principal components 1 and 2. ....	214
<b>Figure 5 :</b> Second PCA model based on 8 element concentrations normalized to the total cation concentrations. The two archaeological samples are also shown as supplementary samples....	214



"Finalement il a toujours suffi d'y croire, et les choses sont arrivées, dans un désordre constructif que le hasard a sorti du chapeau. Il y a eu des moments intenses, des passions, des longueurs sans perspectives, des doutes, des solitudes aussi, mais je remercie l'existence de toutes ces épreuves, dont chacune fut un enseignement. La vie est un champ d'expériences qui vaut la peine d'être exploré, on ne connaît pas toutes les richesses que l'on a en soi, son potentiel ne se révèle que s'il est confronté à la réalité, à l'engagement. » ***Le pôle intérieur*, Jean-Louis Etienne**

« Ce n'est pas parce que les choses sont difficiles que nous n'osons pas, c'est parce que nous n'osons pas qu'elles sont difficiles » **Sénèque**





## REMERCIEMENTS

Un doctorat en cotutelle est une expérience professionnelle et personnelle d'une richesse inestimable. Au-delà de la découverte d'autres cultures (québécoise mais aussi inuite, nord-américaine et celles partagées avec les nombreux résidents internationaux), des innombrables voyages trans-atlantiques, dans le Nord et dans le cadre de symposiums à destination rêvée, cette thèse reste surtout une succession de merveilleuses rencontres toutes aussi enrichissantes les unes que les autres. Nombreuses sont donc les personnes que je tiens à remercier ici car les travaux présentés dans le cadre de ce doctorat sont le fruit de collaborations multiples :

En premier lieu, mes remerciements iront évidemment bien chaleureusement à mes directeurs de thèse **Najat Bhiry** (CEN, Université Laval) et **Dominique Marguerie** (CNRS, Université de Rennes 1) pour cette magnifique expérience qu'ils m'ont offerte en me proposant ce sujet, pour leur grande disponibilité ainsi que leur excellent soutien et encadrement tout au long de ces années de recherche. Je ne vous remercierai jamais assez pour cette opportunité, votre aide précieuse et incroyable réactivité (même en pleine nuit sans décalage horaire) mais aussi pour votre écoute, vos conseils et la confiance que vous m'avez accordée ! Autant d'un point de vue scientifique que humain, je n'aurais pas pu rêver d'une meilleure co-direction ! Merci encore à tous les deux !

Je tiens également à exprimer toute ma gratitude aux membres de mon comité et co-auteurs des articles présents dans la thèse pour leurs aides précieuses, corrections et recommandations dans leur domaine respectif : **Pierre Desrosiers** (Institut culturel Avataq) pour sa disponibilité, son accueil et son aide sur le terrain à Umiujaq et Akulivik ainsi que son soutien et la rigueur de ses corrections apportées sur les travaux en archéologie, **Anne-Catherine Pierson-Wickmann** (Université de Rennes 1) pour son aide indispensable dans l'analyse et l'interprétation des résultats en géochimie et la rédaction de la publication, temps volé sur les premiers mois d'arrivée d'un magnifique petit bout (encore toutes mes félicitations !). Mention spéciale à **Ann Delwaide** pour son immense soutien dans l'identification de bois et charbons et les analyses dendrochronologiques, ses conseils et sa gentillesse (merci pour ton dévouement et tout ce que tu m'as appris !). Je remercie également mesdames **Cynthia Zutter** (Grant Mac Ewan University) et **Emilie Gauthier** (Université de Franche-Comté), membres externes du jury pour avoir accepté d'évaluer cette thèse.

Ce doctorat n'aurait pas été possible sans le soutien financier apporté par le projet « *Temps et espace chez les Inuit du Nunavik* » de l'**Alliance de Recherche Universités-Communautés (ARUC)**, Conseil canadien de recherche en sciences humaines (CRSH) dirigé par **Daniel Gendron** de l'Institut culturel

Avataq (Montréal, Canada), sans la **bourse Paul Armand** gérée par le **Rotary Club Rennes-Nord** (France) et placée sous la haute vigilance de **Mr Raymond Celton**, les bourses d'**EnviroNord** et de **Rennes-Métropole** et celle de **Frontenac**.

Le soutien logistique a été assuré par le **Centre d'Etudes Nordiques** (Université Laval, Québec), le **CRéAAH et son laboratoire Archéosciences** (Rennes, France), le **Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG)** à travers le projet « *Impact des changements climatiques sur les milieux humides nordiques et sur l'occupation humaine dans l'Arctique* » (N. Bhiry, Resp.) et le projet de l'**Institut Polaire Emilie Victor (IPEV)** « *Long Term Environmental Changes and Human Activities In Nunavik* » (LOTECHAIN) (D. Marguerie, Resp.). Tous ces organismes ont contribué au financement de cette thèse durant ces cinq années et m'ont apporté une aide indispensable à la mobilité dans mes voyages France-Québec, pour le terrain au Nunavik et pour ma participation aux congrès internationaux aux Etats-Unis et au Canada.

Je tiens également à remercier certains chercheurs et professionnels de recherche pour leur aide, sympathie et participation dans les différentes parties de ce projet de thèse: **Caroline Desbiens** (Université Laval) pour les conseils apportés sur les travaux concernant les entrevues et études sociales, **Claire Alix** pour la transmission de ses travaux et autres auteurs ainsi que ses remarques pertinentes et suggestions concernant les analyses xylologiques et anthracologiques, **Martine Bouhnik-Le Coz** pour son encadrement en laboratoire dans le cadre des analyses géochimiques, **Louise Marcoux** pour son aide précieuse et son immense patience sur les cartes et figures de certaines publications, **Luc Cournoyer** pour son aide avec le logiciel Dendro même au-delà de l'Atlantique, **Guillaume Labrecque** pour les datations C<sup>14</sup> de qualité réalisées en un temps record, **Donald Cayer** pour les conseils avec le logiciel Adobe Illustrator, **Claude Tremblay** pour le prêt de sa scie à chaîne mécanique qui nous a été fortement utile à Umiujaq, **Jean-Baptiste Barreau** pour son aide à la résolution des problèmes informatiques et dans la numérisation des bois flottés à Rennes, mais aussi **David Aoustin** pour les confirmations de certaines analyses xylologiques qui me posaient problème.

Comment citer cette thèse sans remercier sincèrement **les Maires et l'ensemble des communautés d'Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq** pour leur accueil et plus particulièrement **les Aînés** qui ont participé et partagé leur savoir au sujet des ressources ligneuses : **Mattiusi Iyaituk, Piita Kristensen, Sarah Iyaituk, Uniurtitak Ainalik, Mary Ainalik, Peter Audlaluk, Minnie Amamatuak, Lydia Qumak, Simon Makimak, Alasuak Alayco, Maggie Aliqu, Lucassie Alayco, Qautsiaq Weetaluktuk, Daniellie Inukpuk, Adamie Niviaxie, Elisapi Inukpuk, Aibillie Echalook, Nellie Nastapoka, Lucy Weetaluktuk, Eiisapi Weetaluktuk, Simeonie Elijassiapik, Josepie Nalukturuk, Willie Kumarluk, Jack Anowak, Jobie Crow, Alacie Tooktoo, Joshua Sala and Annie Cookie**. Ces remerciements s'étendent à mes

formidables interprètes sur le terrain pour leur sympathie et implication totale au cours des entrevues: **Charlie Tarqik Mangiuk, Mark Arnaituk, Brenda Amautak, Alalcu Qinuajuak, Sarah Elijassiapik, Laina Nulukie and Laly Tooktoo**, ainsi qu'à nos guides Inuits pour leur disponibilité et aide sur le terrain : **Adamie Tarkiasuk, Tommy Weetaluktuk, Juani Elijassiapik et John Topping**.

Un grand merci également aux membres de l'Institut culturel Avataq que je n'ai pas encore cités notamment: **Minnie Napartuk** pour son implication et aide précieuse dans la correction des termes en Inuktitut, **Andrew Papigatuk** pour son aide sur le terrain et dans le tri des échantillons, **Elsa Censig** et **Nicolas Dupressy** pour leur formidable accueil à chacun de mes passages à Montréal, leur disponibilité et leur aide pour le catalogue des échantillons analysés dans le cadre de cette recherche.

Je remercie aussi très chaleureusement l'ensemble des **membres permanents, contractuels et étudiants** de l'Université Laval et l'Université de Rennes 1, notamment :

- **au laboratoire d'Archéosciences** : Rémi D., Axelle G., Aurélie R., David A., et Fanny J. pour leur amitié et leur aimable accueil et hébergement à Rennes, Nancy M., Helene S., Elise W., Lorena M. S., Veronique G., Chantal L., Vincent B., Catherine L., Catherine L.G., Gregor M., Jean-Laurent M., Ramiro M., Laurent C. et tous les autres que j'ai pu croiser.

- **au Centre d'Études Nordiques** : mes collègues et amis de bureau Natasha R., Sarah A-M., Jean-François B., Isabel L.-L., ma superbe assistante de terrain **Audrée G.** mais aussi Vanessa P., Jonathan P., Caroline M., Mélody D.S., Mireille B., Andrée-Anne P., Laurence S., Catherine G., Nael M., Andrée-Sylvie C., Pascale R....

Je n'oublie pas non plus les amis de toutes cultures avec qui j'ai découvert les nombreux attraits du Québec : Alice S., Lynda H.T., Annick K., Sarah V. D., Céline P., Delphine M., Océane E., François N., Laura C. B. P., Liz P., Anne V. , Valérie T., Marie-Eglantine F., Julie M., Charlène et Damien H., ceux qui m'ont soutenus à distance : Alice H., Tina et Rivo A.R. , David W., François M., Eva C., la **gang de« gymnastiques »** et cette liste est loin d'être exhaustive ;) !

Enfin, une pensée particulière aux membres de **ma formidable famille**, qui, malgré la distance, ont su me soutenir chacun à leur manière, jusqu'à l'aboutissement de ce projet de thèse.

Toutes ces personnes ont contribué, par leur soutien, amitié, sympathie et bonne humeur, à faire de ce doctorat en cotutelle, une expérience riche et inoubliable.



# AVANT- PROPOS

A l'exception de l'introduction et de la conclusion générale écrite en français, cette thèse est présentée sous forme de quatre chapitres-articles rédigés en anglais. Bien que complémentaires, les 4 chapitres peuvent être lus indépendamment car chaque article répond à différents objectifs spécifiques avec une méthodologie qui lui est propre. Par conséquent, nous prions le lecteur de ne pas tenir compte de certaines répétitions dans le texte comme par exemple la description des sites d'études. L'auteure de la thèse est la principale rédactrice et auteure de chaque article. Elle a participé à l'élaboration de la problématique, aux collectes de terrain (excepté la collecte des vestiges archéologiques), organisé et réalisé les entrevues et effectué les analyses xylologiques, dendrochronologiques, anthracologiques et géochimiques ainsi que leur interprétation. En leur qualité de directeurs de recherche dans le cadre de ce doctorat en cotutelle, le Dr Najat Bhiry et le Dr Dominique Marguerie ont supervisé l'auteure durant tout le processus de la recherche et de la rédaction. Par leurs nombreux conseils et commentaires, ils ont contribué scientifiquement à la rédaction de la présente thèse et l'amélioration de son contenu. Enfin, cette thèse a également bénéficié des corrections et suggestions des co-auteurs des publications (Anne-Catherine Pierson-Wickmann, Pierre Desrosiers, Daniel Gendron, Ann Delwaide et Minnie Napartuk).

Cette thèse en cotutelle se compose des sections suivantes:

## Introduction générale

**Chapitre 1:** Steelandt S., Marguerie D., Bhiry N., Delwaide A., (accepté). A study of the composition, characteristics and origin of modern driftwood on the western coast of Nunavik (Quebec, Canada), *Journal of Geophysical Research, Biogeosciences*

**Chapitre 2:** Steelandt S., Marguerie D., Bhiry N., Gendron D., Desrosiers P. (soumis). Charcoal and wood from archeological sites on the west coast of Nunavik (Quebec, Canada), *Journal of Archaeological Sciences*

**Chapitre 3:** Steelandt S., Bhiry N., Marguerie D., Desbiens C., Napartuk M., Desrosiers P., 2013. Inuit knowledge and use of wood resources on the west coast of Nunavik, Canada, *Etudes Inuit Studies*, 36 (1), 147-174.

**Chapitre 4:** Steelandt, S., Pierson-Wickmann A-C., Bhiry N., Marguerie, D., Bouhnik-Le Coz, M., (soumis). Chemical differentiation between immersed, dry and archaeological wood in Nunavik (Northern Quebec, Canada): Preliminary results, *Arctic, Antarctic and Alpine Research*

## Conclusion générale



## **INTRODUCTION GENERALE**



## 1. LES RESSOURCES LIGNEUSES EN ARCTIQUE

### 1.1 Sources potentielles des matériaux ligneux en Arctique et intérêt de leur étude

Des charbons, bois et artefacts ligneux ont été trouvés dans les sites archéologiques de l'Arctique oriental et occidental (par ex. Birket-Smith, 1929 ; Collins, 1951, 1952 ; Giddings, 1952a ; Stanford, 1976 ; McCartney, 1977 ; Mary-Rousselière, 1979a et b ; Mc Ghee, 1984 ; Le Mouel et Hehmosth-Le Mouel, 1985, 1986 ; Laeyendecker, 1993a et b ; Arnold 1994 ; Eggertsson, 1994a ; Grønnow, 1996 ; Mason, 2003 ; Alix, 2001, 2003, 2007, 2009a et b). Dans ces milieux aux conditions climatiques froides, les ressources ligneuses peuvent en effet être relativement bien conservées. Par ailleurs, leur présence dans les sites archéologiques atteste de l'importance que cette ressource naturelle tenait pour les habitants qui l'utilisaient à plusieurs fins comme pour la construction de charpentes des habitations, d'embarcations, d'outils de chasse ou encore pour se chauffer. Si dans la toundra forestière, la présence d'arbres permet un accès facile à son approvisionnement, il n'en n'est pas de même plus au nord dans les régions Arctique où cette matière première est relativement rare et se présente uniquement sous forme de quelques arbustes nains (bouleaux, saules, aulnes) et de bois flottés.

Pour définir le terme générique « bois flotté », chaque étude possède sa propre typologie reposant principalement sur des caractéristiques métriques (diamètre et/ou longueur) (Harmon *et al.*, 1986 ; Richmond et Faush, 1995 ; Marcus *et al.*, 2002 ; Hyatt et Naiman, 2007). Dans le cadre de cette thèse, le terme « bois flotté » regroupe les matériaux ligneux dont les origines sont hétérogènes, tels que les troncs, les souches, les branches, les arbres morts pris en charge par les cours d'eau et courants marins puis déposés sur les plages.

L'étude du bois flotté revêt pour les chercheurs plusieurs intérêts dont les principaux sont surtout d'ordre océanographique pour documenter les trajectoires des courants marins et la circulation atmosphérique (Giddings, 1943 ; Nansen, 1975 ; Eggertsson, 1994a ; Dyke *et al.*, 1997 ; Tremblay *et al.*, 1997 ; Johansen, 1999), paléo-climatique pour reconstituer la succession des déglaciations/glaciations ou déterminer les périodes d'extension de la banquise (Blake 1961, 1970, 1972, 1975 ; England, 1978 ; Haggblom,

1982, 1987 ; Johansen, 1998) ou encore archéologique et chrono-culturel (Giddings , 1952a ; Arnold , 1994a ; Alix, 2001, 2004, 2005, 2007, 2009a et b).

### **1.2 Cycle du bois flotté en Arctique**

Dans le milieu Arctique et Sub-arctique, le bois flotté a pour spécificité d'être transporté par les courants sur de longues distances depuis son lieu d'origine (forêt boréale ou toundra forestière) jusqu'à des endroits souvent dépourvus d'arbres. Suite à des conditions météorologiques et environnementales particulières (forts vents, neiges, précipitations, tempêtes, crues, etc.), les arbres sont arrachés des rives des rivières et fleuves états-uniens (Yukon, Kobuk, Noatak, etc.), canadiens (Mackenzie, Horton, Nelson, etc.) et sibériens (Severnaya Dvina, Pechora, Ob, Yenisey, Khatanga, Lena, Indigirka, etc...) et sont charriés jusqu'à l'océan ou la mer. Ces arbres ou parties d'arbres morts flottants sont ensuite pris par la glace et transportés par la banquise dont le mouvement est induit par les courants de surface et les vents dominants. Lors de la débâcle au printemps, les bois sont libérés de la glace et peuvent venir s'échouer sur les plages (Figure 1).

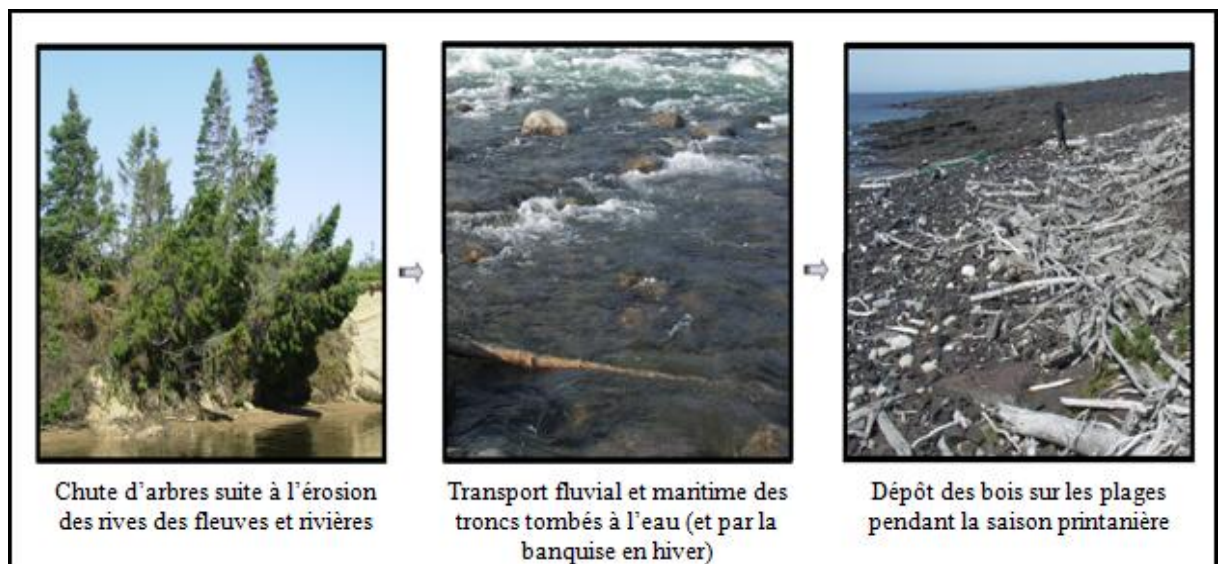


Figure 1 : Cycle du bois flotté (aux environs de l'Ile Bélanger, Umiujaq)

### **1.3 Facteurs influençant la composition et la distribution des bois flottés sur les plages**

La répartition et la composition des amas de bois flottés sur les plages de l'Arctique dépendent de plusieurs facteurs, notamment de la végétation circumpolaire de la forêt boréale, de la toundra forestière et de la toundra arbustive dont ils proviennent, des conditions météorologiques (tempêtes, vents, orages, neiges, précipitations etc.), des courants marins et de la banquise qui les acheminent, des facteurs liés au bois lui-même comme son espèce ou son degré d'écorçage qui influencent son temps de flottaison ainsi que de son utilisation par l'homme.

#### **1.3.1 - La végétation des régions nordiques**

La composition des amas de bois flottés trouvés sur les plages de l'Arctique est évidemment liée à la nature de la végétation des rivages fluviaux d'où ils proviennent. Nous retiendrons ici trois zones bioclimatiques majeures dans les régions nordiques qui pourraient être la source du bois flotté: la forêt boréale ou la taïga, la toundra forestière (zone de transition et ligne des arbres), et la toundra arctique (Figure 2). Ces zones peuvent être divisées en sous-zones. Ces divisions sont variables selon les études, les continents et les régions en fonction de différents critères comme les températures, la topographie, le substrat géologique, etc.

- **La forêt boréale ou la taïga**

La végétation de la forêt boréale ou la taïga se compose de plus de 500 espèces vasculaires dont une centaine d'espèces ligneuses. Sa particularité est d'être formée d'une majorité de conifères adaptés au froid notamment des épicéas, mélèzes, pins et sapins associés à un mélange de feuillus principalement composé de bouleaux, aulnes, peupliers et saules. La présence et l'abondance de ces espèces au nord du continent américain et dans la taïga eurasienne (Sibérie et nord de l'Europe) varient en fonction des régions (Tableau 1).

**La forêt boréale du nord du continent américain** est fortement dominée par deux espèces d'épinette : l'épinette blanche (*Picea glauca*), et l'épinette noire (*Picea mariana*) qui peuvent former des forêts. La bordure côtière sud de l'Alaska, caractérisée par un climat doux à forte pluviosité, est aussi l'habitat d'une forêt côtière d'épicéa

(*Picea sitchensis*), de pruche (*Tsuga heterophylla* et *Tsuga mertensiana*) et de cèdre d'Alaska (*Chamaecyparis nootkatensis*) (Ritchie, 1984 ; Farrar, 1995). En Alaska et à l'ouest du Mackenzie, l'épinette blanche est plus abondante que l'épinette noire. Cette dernière pousse sur des sols plus acides alors que l'épinette blanche préfère des sols bien drainés. Selon la nature pédologique, ces deux espèces sont souvent accompagnées du mélèze laricin (*Larix laricina*). Ce dernier atteint la limite des arbres dans le nord-ouest canadien mais est toujours en retrait par rapport à l'épinette. En Alaska, sa distribution est surtout méridionale. Le pin tordu latifolié (*Pinus contorta* ou *latifolia*), est également présent dans cette région du sud-ouest du Yukon et de l'Alaska même si aucun pin n'est réellement natif d'Alaska. À l'est du continent américain, dans les basses terres de la baie d'Hudson et de la baie James, l'épinette noire prédomine tandis que le mélèze forme des forêts éparées. Dans cette même région, on trouve également plusieurs espèces de pins. Le pin de Banks ou pin gris (*Pinus banksiana*) est le plus commun et peuple les forêts depuis le Mackenzie jusqu'au nord du Québec. En revanche, le pin blanc (*Pinus strobus*) est seulement natif du nord-est américain jusqu'à Terre-Neuve ; le pin rouge (*Pinus resinosa*) ne dépasse pas quant à lui la ligne 'Lac Winnipeg - embouchure du St-Laurent - sud de Terre-Neuve. Parmi les autres conifères recensées, le sapin baumier (*Abies balsamea*) est particulièrement abondant à l'est, mais ne forme la limite des arbres qu'au Labrador où il remonte jusqu'au sud de la baie d'Ungava. Dans la taïga nord-américaine, ces conifères sont accompagnés par différents feuillus à savoir le peuplier baumier (*Populus balsamifera*), le faux tremble (*Populus tremuloïdes*), l'aulne (*Alnus crispa*), les bouleaux (*Betula papyrifera*; *B. occidentalis*; *B. neoalaskana*) et les saules (*Salix* spp.) (Hustich, 1966 ; Ritchie, 1984 ; Edlund, 1990 ; Farrar, 1995).

***Du côté de la taïga eurasienne (Sibérie et nord de l'Europe),*** l'épicéa n'est plus l'espèce dominante dans beaucoup de régions. En effet, au nord-est de la Sibérie, c'est le mélèze de Dahurie (*Larix dahurica*) qui constitue l'espèce la plus abondante dans la forêt des bassins versants de la Kolyma, l'Indigirka, la Yana et la Lena. Cette espèce est accompagnée du pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et plus rarement d'épinettes (*Picea obovata* ou *Picea abies*) et du sapin (*Abies sibirica*). Dans la région de Krasnojarsk, le mélèze sibérien (*Larix sibirica*) constitue l'espèce dominante de la taïga. Cette espèce est principalement accompagnée par le pin sylvestre et l'épinette commune. Ces deux espèces deviennent prépondérantes du Yenisey à l'Oural, toujours en association avec le

mélèze sibérien. Le sapin sibérien (*Abies sibirica*) est aussi présent dans la vallée du Yenisey. Le pin cembro (*Pinus cembra* ou *sibirica*) est également présent au voisinage de l'Oural et au centre de la Sibérie. Les forêts des régions de Komi et d'Arkhangel'skaja, à l'ouest de l'Oural, sont dominées par l'épicéa (*Picea obovata*) accompagné de pin sylvestre comme espèce secondaire. A l'inverse, la forêt fennoscandinave et celle du nord de la Russie est principalement constituée de pin sylvestre accompagné de groupements d'épicéa (*Picea obovata* et *Picea excelsa*) et plus rarement de mélèze et sapin sibérien. Tout comme du côté nord-américain, ces conifères de la taïga eurasiennne poussent en association avec des feuillus comme le bouleau (*Betula pubescens*) très présent en Sibérie occidentale, le peuplier (*Populus tremula*), l'aulne (*Alnus incana* et *Alnus borealis* dans le nord des pays scandinaves ou *Alnus frusticosa* dans le nord de l'Eurasie et en Sibérie), et plusieurs espèces de saule (Hustich, 1966 ; Braque, 1988 ; Kuusela, 1990 in Eggertsson, 1994b).

Tableau 1 : Principales espèces de la taïga nord-américaine et eurasiennne (Alix, 2001)

	TAIGA NORD-AMÉRICAINNE			TAIGA EURASIENNE (Sibérie, nord de l'Europe)				
	CÔTE SUD DE L'ALASKA (forêt côtière à épicéa et pruche)	ALASKA MACKENZIE	KEEWATIN / NORD QUÉBEC, LABRADOR	MAGADANSKAJ A & JAKUTSKAJA	KRASNOJARSK II vallées des fleuves Yenisey et Kotny	SIBÉRIE OCCIDENTALE	KOMI, ARKHANGEL' SKAJA & MURMANSKAJA	FORÊT FENNOSCANDIN. VE
ESSENCES PRÉPONDÉRANT ES	<i>Picea sitchensis</i> <i>Tsuga</i> <i>heterophylla</i>	<i>Picea glauca</i>	<i>Picea mariana</i>	<i>Larix dahurica</i>	<i>Larix sibirica</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Picea obovata</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
ESSENCES SECONDAIRES	<i>Tsuga mertensiana</i> <i>Chamaecyparis</i> <i>nootkatensis</i>	<i>Picea mariana</i> , <i>Larix laricina</i> , <i>Populus balsamifera</i>	<i>Larix laricina</i> <i>Picea glauca</i> <i>Abies balsamea</i> <i>Pinus Strobus</i>	<i>Pinus sylvestris</i> (Jakutskaja)	<i>Pinus cembra</i> <i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus cembra</i> <i>Betula sp.</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Picea obovata</i> <i>Picea excelsa</i>
ESSENCES PLUS RARES		<i>Pinus banksiana</i> (Mackenzie) <i>Pinus contorta</i> var. <i>latifolia</i> (S.O. Yukon) <i>Abies balsamea</i>	<i>Pinus banksiana</i> <i>Pinus resinosa</i> <i>Populus tremuloides</i>	<i>Picea obovata</i> <i>Larix sibirica</i> (Jakutskaja) <i>Abies sibirica</i> <i>Pinus pumila</i>	<i>Picea obovata</i> <i>Betula pubescens</i> <i>Abies sibirica</i>	<i>Picea obovata</i> <i>Larix sibirica</i>	<i>Betula pubescens</i>	<i>Larix sibirica</i> <i>Abies sibirica</i>
ESSENCES ENCORE PLUS RARES		<i>Populus tremuloides</i> <i>Betula papyrifera</i> <i>Salix spp.</i> <i>Alnus crispa</i>	<i>Betula papyrifera</i> <i>Salix spp.</i> <i>Alnus crispa</i>	<i>Pinus cembra</i> (Magadanskaja & Irkutskaja) <i>Populus tremula</i> <i>Alnus fructinosa</i> <i>Salix spp.</i> <i>Betula pubescens</i>	<i>Populus tremula</i> <i>Alnus fructinosa</i> <i>Salix spp.</i>	<i>Abies sibirica</i> <i>Populus tremula</i> <i>Alnus fructinosa</i> <i>Salix spp.</i>	<i>Abies sibirica</i> <i>Pin cembra</i> <i>Larix sibirica</i> <i>Alnus fructinosa</i> <i>Salix spp.</i>	<i>Salix spp.</i> <i>Alnus incana</i> <i>Populus tremul.</i>

- **La limite septentrionale des arbres**

Selon Payette (1983), la limite des arbres correspond à une zone qui rassemble des communautés végétales de la toundra et des bosquets de forêts discontinues dans lesquelles les arbres peuvent mesurer plus de cinq mètres de haut. Toutefois, cette

ceinture circumpolaire est une zone de transition entre la taïga et la toundra difficile à cerner ; elle peut s'étendre sur plusieurs centaines de kilomètres. Nous retiendrons ici, qu'elle correspond à la limite au-delà de laquelle les espèces végétales cessent de se reproduire par germination (Hustich, 1966, 1979) (Figure 2).

Au nord du Canada, la limite des arbres est principalement formée d'épinette noire et d'épinette blanche accompagnée d'arbustes comme le bouleau glanduleux, l'aulne crispé (*Alnus crispa*), et plusieurs espèces de saules. De plus, le mélèze, le faux tremble, le peuplier baumier et le bouleau à papier sont également trouvés mais en moins grand nombre (Ritchie, 1987).

Au nord de la Scandinavie, la limite des arbres est essentiellement constituée de pin sylvestre. Plus à l'est, cette espèce est concurrencée par l'épinette accompagnée parfois du mélèze sibérien (*Larix sibirica*) qui forment la ligne des arbres plus à l'est dans la péninsule Kola et jusque dans la vallée du Yenisey (Hustich, 1966).

Des espèces plus rares comme le genévrier commun (*Juniperus communis*) poussent également dans le Bas-Arctique et la toundra forestière mais toujours sous forme d'arbrisseaux. Cette espèce est d'ailleurs l'unique conifère poussant au Groënland et en Islande (Ritchie, 1984 ; Edlund, 1990 ; Farrar, 1995).

- **La toundra arctique**

En se basant sur la flore, Polunin (1951) divise la toundra arctique nord américaine en trois zones : Bas-Arctique, Moyen-Arctique et Haut-Arctique. Cette division se superpose approximativement à celle des isothermes de juillet de 6-8°C et 5-6°C (Ritchie, 1987 ; Maxwell, 1992). En revanche, Bliss et Matveyeva (1992) ne retiennent que deux zones (Bas-Arctique et Haut-Arctique) mais procèdent à des subdivisions internes (toundra à arbrisseaux, toundra à sous-arbrisseaux et lâche, toundra-steppe, désert polaire). Enfin, plus récemment, Walker *et al.* (2005) ont tenté de regrouper les données existantes en établissant une carte de la végétation de l'Arctique circumpolaire découpée en cinq zones (A, B, C, D, E) à partir de la limite des arbres (Tableau 2).

Tableau 2 : Plusieurs propositions de zones bioclimatiques de la toundra (modifié de l'équipe du CAVIM, 2003)

	Russie			Amérique du Nord					Fennoscandie	
	Alexandrova (1980)	Yurtsev (1994)	Matveyeva (1998)	Polunin (1951)	Edlund (1990) Edlund et Alt (1989)	Bliss (1997)	Daniels et al. (2000)	Walker et al. (2002)	Tuhkanen (1986)	Elvebakk (1999)
A	Désert polaire du Nord	Toundra du Haut-Arctique	Désert Polaire	Haut-Arctique	Herbacées et cryptogrammes	Haut-Arctique	Herbes Arctiques	Plantes en coussin	Polaire intérieur	Désert polaire Arctique
	Désert polaire du Sud								Polaire extérieur	
B	Toundra de l'Arctique du Nord	Toundra Arctique: variante du Sud	Toundra Arctique	Arctique Moyen	Transition arbustes herbes prostrées		Arbustes nains de l'Arctique du Nord	Arbustes nains prostrés	Arctique du Nord	Toundra de l'Arctique du Nord
C	Toundra du Moyen-Arctique	Toundra Arctique: variante du Nord	Toundra Typique		arbustes prostrés					
	Toundra de l'Arctique du Sud			arbustes prostrés nains						
D	Toundra du Sub-Arctique du Nord	Toundra du sous-Arctique du Nord		Bas-Arctique	arbustes bas et dressés	Bas-Arctique	Arbustes nains de l'Arctique du Sud	Arbustes nains dressés	Arctique du Sud	Toundra de l'Arctique du Sud
	Toundra du Sub-Arctique Moyen									
E	Toundra du Sub-Arctique du Sud	Toundra du sous-Arctique du Sud	Toundra				Arbustes de l'Arctique	Arbustes bas		Toundra arbustive Arctique

Nous retiendrons ici, à l'échelle de l'Arctique circumpolaire, la définition de Hustich, (1979) qui décrit la toundra comme "une région à pergélisol ou une région circumpolaire dans laquelle les températures sont trop faibles pour que se développe naturellement un couvert forestier".

La flore de la toundra arctique est essentiellement constituée de lichens et d'arbustes comme le bouleau glanduleux (*Betula glandulosa*) et plusieurs espèces de saule. Quelques épinettes et mélèzes peuvent être rencontrés dans la toundra arctique en zones peu exposées au vent mais ils sont généralement rabougris (Sirois, 1992). Toutes ces essences parviennent à se développer dans la couche active du pergélisol car leurs racines se propagent horizontalement mais leur croissance est affectée radialement comme verticalement. Ainsi, il s'agit souvent d'espèces de petites tailles dites « naines » dont la taille diminue avec l'augmentation de la latitude, jusqu'à ne plus pouvoir se développer dans le Haut-Arctique ou le désert polaire (Bliss et Matveyeva, 1992).



Il existe néanmoins parfois dans la toundra des « oasis » dont les sols riches favorisent le développement de certaines espèces hors de leur habitat. A titre d'exemple, six sous-arbrisseaux ont été recensés au centre-ouest de la terre d'Ellesmere, à savoir : *Salix herbecea*, *Salix polaris*, *Salix reticula*, *Rhododendron lapponicum*, *Vaccinium uliginosum* et *Empetrum nigrum* (Edlund, 1990). De même, des bosquets de saules de 1,5 à 5 m de haut avec des troncs de 5 cm à 12 cm de diamètre, principalement *Salix alaxensis*, ont pu être observés dans le Bas-Arctique. C'est également le cas dans certaines vallées de l'île de Victoria dans l'archipel arctique canadien, au sud de la baie Déception (près de Salluit, nord du Québec), ou encore aux environs du Lac Harbour sur la terre de Baffin (Maycock et Mathews, 1966 ; Edlund 1983).

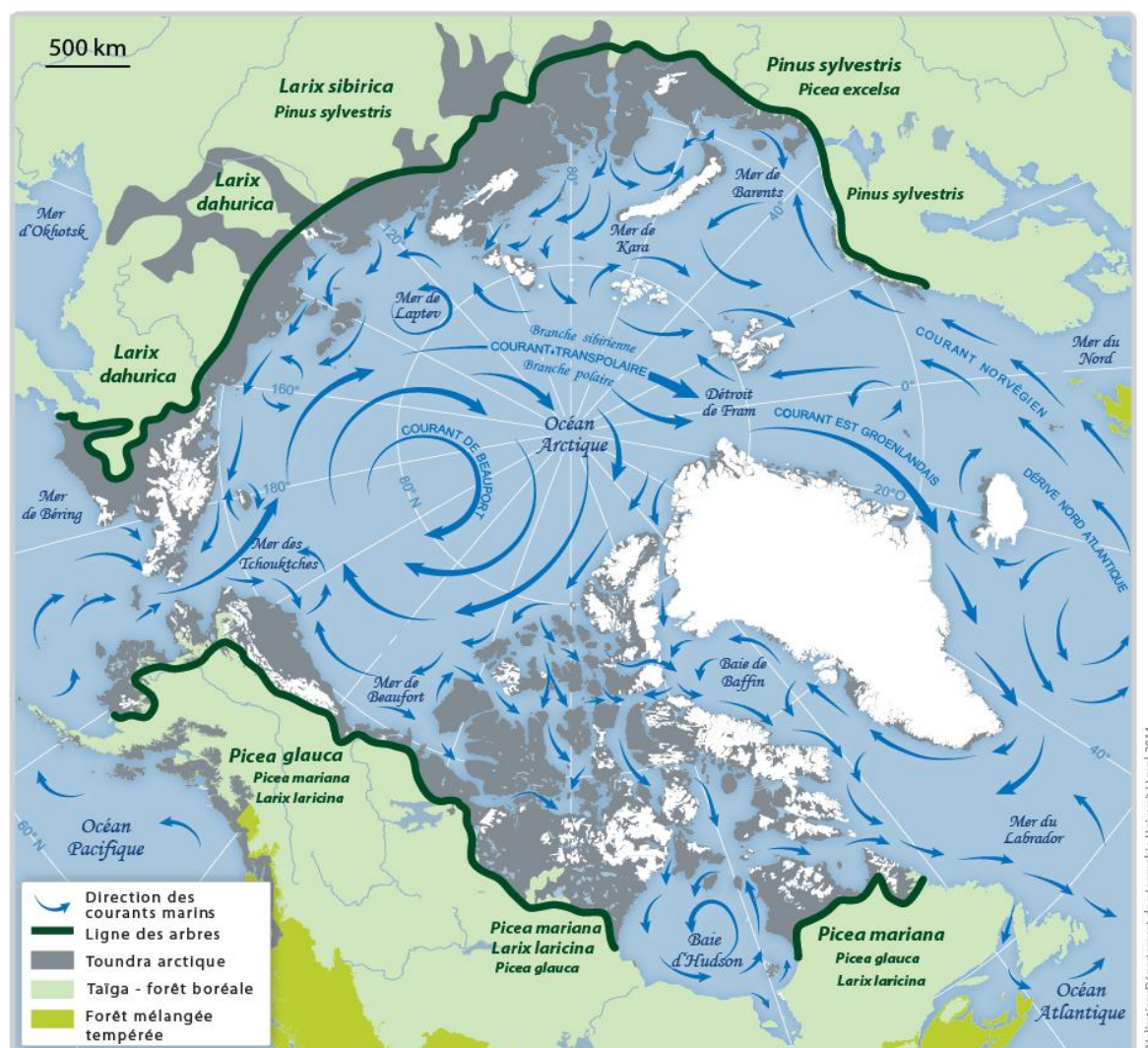


Figure 2 : Arctique circumpolaire – Zones bioclimatiques majeures (forêt boréale, ligne des arbres et toundra arctique), principales espèces ligneuses des forêts boréales sibériennes et nord-américaines et courants marins (Département de géographie, Université Laval, 2014, modifiée d'après Service hydrographique et océanographique de la Marine, 1974 ; Eggertsson, 1994a ; Dyke *et al.*, 1997 ; Alix, 2001; CAVM Team, 2003)



### 1.3.2 - Les conditions météorologiques

Les conditions météorologiques jouent un rôle important sur la distribution des bois le long des côtes de l'Arctique. Nous différencierons ici les conditions climatiques régionales (Maxwell., 1992), des conditions météorologiques locales qui désignent des phénomènes atmosphériques de court terme.

Des conditions météorologiques locales tels que de forts orages, d'importantes précipitations ou des vents violents peuvent influencer la fréquence des crues et par la même occasion l'érosion des rives, favorisant alors la chute des arbres dans les fleuves et les rivières. La quantité de bois flottés accumulés sur les plages de l'Arctique est donc directement liée à ces conditions météorologiques, qui vont également jouer un rôle important dans le transport des bois vers les mers limitrophes arctiques puis dans l'océan jusqu'à leur point d'échouage. Ce transport se fait principalement par les vents dominants qui sont régis par la force de Coriolis (rotation de la Terre) et dans une moindre mesure par les vents locaux, qui eux-mêmes sont liés aux courants marins de surface (Reimnitz et Maurer, 1979 ; Dyke *et al.*, 1997; Alix, 2005, 2006).

### 1.3.3 - Les courants marins

Tombés dans les rivières et les fleuves, les bois flottés arrivent dans les mers limitrophes (par ex. mer de Beaufort, des Tchouktches, Sibérienne orientale, Laptev, Kara, Barents, baie de James, baie d'Hudson, etc.) puis l'océan arctique où ils dérivent au gré des courants marins. Ces voies de circulation, et plus particulièrement celles des eaux de surface qui dépendent étroitement des vents dominants locaux, constituent un facteur essentiel influençant la distribution des bois échoués sur les plages.

Pour décrire ces courants de surface, nous reprendrons en grande partie la description d'Alix (2001), laquelle fut basée sur les études de Dyke *et al.*, (1997) et d'Eggertsson (1994a) ainsi que les travaux du Service hydrographique et océanographique de la Marine (1974) (Figure 2). Plusieurs systèmes de courants règnent dans l'océan arctique dont les deux principaux sont :

- le courant giratoire de Beaufort qui forme un immense tourbillon anticyclonique dans le centre du bassin arctique ;
- le courant de dérive transpolaire qui traverse le bassin arctique par le nord jusqu'au détroit de Fram entre le Groënland et le Spitzberg. Il rejoint alors le courant est-groënlandais qui longe la côte est de l'île. Le courant transpolaire est divisé en deux branches : la branche *polaire* formée de la bordure du Beaufort gyral et la *branche sibérienne* qui transporte de la glace des mers de Laptev et Kara jusqu'au détroit de Fram (Eggertsson, 1994a ; Dyke *et al.*, 1997).

Dans le détroit de Fram, 70% de la masse glaciaire de l'océan arctique est évacuée alors que les 30% restant passent par le centre de l'archipel canadien et le courant de Baffin. Au niveau du détroit de Béring, l'évacuation est quant à elle pratiquement inexistante. Ceci est dû au plus fort courant pacifique chaud qui traverse le détroit pour alimenter la branche polaire du courant transpolaire comparativement au faible courant froid passant par la mer des Tchouktches (Service hydrographique et océanographique de la Marine, 1974).

En périphérie du courant transpolaire, les courants des mers des Tchouktches, Laptev, Kara, Barents, etc. sont en effet moins puissants et forment souvent des tourbillons cycloniques (Service hydrographique et océanographique de la Marine, 1974).

A l'est du delta de Mackenzie dans l'Arctique occidental, le courant de la mer de Beaufort suit la côte continentale en direction du golfe d'Amundsen. A l'ouest du delta, le courant longe la côte du Yukon et de l'Alaska jusqu'à la pointe Barrow. Il rencontre alors la branche occidentale du courant Pacifique qui a traversé le détroit de Béring. Ce dernier se divise en deux branches : l'une longeant l'extrémité nord-ouest de l'Alaska avant de dériver vers le nord-ouest au niveau de la pointe Barrow et d'être entraînée par le courant giratoire de Beaufort, l'autre tournant vers l'île Herald puis autour de l'île Wrangell avant de se diriger vers le nord (Treshnikov, 1977) (Figure 2).

Dans le centre de l'archipel, les courants transportent les eaux froides du bassin arctique dans une direction générale sud-est en direction de la baie de Baffin et de la mer du Labrador et au sud en direction de la baie d'Hudson.

Dans la baie d'Hudson, les courants suivent le sens anti-horaire pour rejoindre des courants descendants de la rive ouest de la mer du Labrador (Straneo et Saucier, 2008).

Enfin, la dérive nord atlantique issue des eaux chaudes du *Gulf Stream* remonte en direction du courant norvégien. Ce courant norvégien se divise en deux branches, l'une continuant le long de la côte norvégienne en direction de la mer de Barents, l'autre dérivant vers le nord en direction de la côte ouest de Svalbard. Cette dernière se divise elle-même en deux : d'un côté en contournant Svalbard vers le nord-est puis continuant vers l'est et de l'autre en dérivant vers le nord-ouest puis le sud-ouest. Les tourbillons anticycloniques créés par la rencontre entre le courant norvégien et le courant est groënlandais provoquent des mélanges de leurs flux respectifs (Service hydrographique et océanographique de la Marine, 1974).

La découverte de ces divers courants de l'océan arctique doit beaucoup aux travaux sur le bois flotté (Giddings, 1943 ; Nansen, 1975 ; Eggertsson, 1994a). De récentes études tendent à montrer que peu de bois sont pris dans le courant giratoire de Beaufort et que la branche polaire transporte une plus faible quantité de bois que la branche sibérienne au niveau du courant transpolaire (Dyke *et al.*, 1997).

#### 1.3.4 - La banquise (glace de mer)

Les conditions de la glace le long des côtes, la débâcle et le regel de la banquise jouent également un rôle dans l'acheminement des bois depuis leur lieu d'origine jusqu'à leur répartition sur les littoraux. En effet, les bois provenant de l'Arctique occidental ne pourraient pas se retrouver dans l'Arctique oriental sans la banquise car le temps de flottaison de chacune des essences ne serait pas assez long pour leur permettre de parcourir la distance qui sépare, par exemple, les fleuves sibériens des côtes groënlandaises (Häggbloom, 1982). En d'autres termes, sans la banquise, les bois provenant de l'Arctique occidental couleraient avant leur arrivée sur des plages de l'Arctique oriental.

Dans le bassin arctique, le transport du bois flotté dépend de la *glace multi-annuelle* à savoir la banquise permanente (qui constitue 70% de l'océan arctique et se déplace

perpétuellement d'un seul bloc dans le sens horaire par la force motrice des vents dominants et des courants de surface gradients) et la banquise saisonnière entre la banquise permanente et la banquise côtière (qui couvre 25% de l'océan et se morcelle en été en dérivant sous forme de blocs de glace) (Hibler, 1989 ; Eggertsson, 1994a).

Sur les côtes, le dépôt du bois ne peut se faire que lors de la fonte de la *glace annuelle* ou de *banquise côtière* fixée le long des côtes sur une épaisseur de 1 à 2 m (qui se fracture et fond à chaque débâcle printanière et se reforme à chaque automne) et en l'absence de plates-formes flottantes (fragments de glace multi-annuelle détachés d'une côte). A titre d'exemple, la plate-forme de la Ward Hunt, au nord de la terre d'Ellesmere bloque l'accès et le dépôt des bois sur les côtes (Stewart et England, 1983).

Par ailleurs, les bois peuvent circuler de manière annuelle au niveau des *polynies* qui correspondent à des zones libres de glace à l'intérieur de la banquise saisonnière par des phénomènes de remontées d'eaux profondes ou des zones où la débâcle est précoce et le regel tardif. C'est le cas par exemple de la polynie *North Water* de la mer de Kara ou celle de la partie nord de la baie de Baffin (Simon, 1982 ; Smith et Rigby, 1981). A l'inverse, sur certaines côtes, la banquise côtière peut être permanente et bloquer alors complètement l'accès aux bois. C'est par exemple le cas sur la côte ouest de la baie de Baffin où la présence annuelle de la banquise empêche les bois de se déposer. Ces derniers s'échouent alors préférentiellement sur la côte ouest du Groënland notamment sur les îles de la baie de Disko et plus au sud, annuellement libre de glace (Gulløv, 1981).

De par les connaissances sur la vitesse du courant Beaufort gyral (700 à 800 km/an) et du courant transpolaire (600 km/an), la durée de la dérive de la banquise permanente et donc du bois qui s'y est pris serait en moyenne de 2 km/jour (730 km/an) (Barry, 1989 ; Rigor, 1992 dans Eggertsson, 1994a). Le bois flotté pourrait alors prendre un minimum de 3 à 6 ans pour traverser l'océan arctique (Rigor, 1992 ; Eggertsson, 1994 a ; Dyke *et al.*, 1997)

### 1.3.5 - Le temps de flottaison

Le temps de flottaison joue un rôle sur la qualité des bois ainsi que sur la disponibilité des essences dans les amas des bois retrouvés sur les plages.

En effet, les bois flottés échoués sur les plages de l'Arctique correspondent à des parties séparées ou à un ensemble de parties d'arbres (troncs, racines, branches). L'état des bois sur les plages dépend fortement du temps de transport. Plus le périple du bois dans l'eau et la glace est long, plus il subit des dommages comme l'ébranchage, l'écorçage, ce qui caractérise une grande majorité des bois retrouvés en Arctique. Cependant, il n'est pas rare de trouver des troncs de grandes dimensions encore complets avec écorce, branches et racines, témoins d'un temps de flottaison certainement beaucoup plus court. Le temps de flottaison des bois peut aussi expliquer la rareté ou l'abondance de certaines essences dans les amas. Ce temps de flottaison varie en fonction de plusieurs facteurs comme la salinité et la température de l'eau (plus la salinité de l'eau est grande et la température basse, plus les bois flottent longtemps), l'organe de l'arbre, la densité de son bois (ex : la racine dense a un temps de flottaison plus long que certains troncs), l'écorçage subi pendant son trajet (l'écorce joue un rôle d'imperméabilité) mais aussi en fonction de l'espèce (Hägglom, 1982). L'épinette possède ainsi le plus long temps de flottaison (jusqu'à 17 mois) ce qui peut expliquer sa forte prépondérance dans les amas en Arctique. A l'inverse, le bouleau, qui est relativement abondant dans les forêts sibériennes, a un temps de flottaison plus court (6 mois), ce qui peut expliquer sa quasi-absence dans les amas de bois flottés arctiques, ces derniers pouvant plus facilement couler avant d'arriver sur les côtes (Eggertsson, 1994c). Le mélèze très présent en Sibérie mais au temps de flottaison relativement court (9 à 10 mois) n'est d'ailleurs pas exploité par l'industrie russe car trop de troncs coulent avant d'arriver à destination lors de leur transport par train de flottage (Krankina et Ethington, 1995). Ces temps de flottaison en fonction de l'espèce ont été mis en évidence par l'entremise de plusieurs expériences dans les eaux scandinaves qui visaient à immerger plusieurs bois de caractéristiques différentes (états, parties, espèces) jusqu'à ce qu'ils coulent (Hägglom, 1982).

### 1.3.6 - Le facteur anthropique

En Arctique, les ressources ligneuses étant relativement rares, les bois flottés ainsi que les quelques arbres et arbustes présents furent très exploités par les habitants de la toundra. Ainsi, le facteur anthropique, souvent négligé, doit être pris en compte dans l'interprétation de l'évolution des amas de bois flottés sur les plages, tant du point de vue de l'abondance que de la composition xylologique.

Si aujourd'hui, le facteur anthropique sur la distribution des bois flottés sur les plages peut s'avérer négligeable dans beaucoup de régions de l'Arctique avec l'importation et l'accès au bois commercial, cela ne fut pas le cas pour les périodes couvrant l'Holocène récent jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle. En effet, la collecte des fragments de bois par les Paléoesquimaux et Néoesquimaux lors de leurs déplacements a affecté la distribution des bois sur les plages et en l'occurrence les résultats des prospections de bois flottés des amas naturels. La majorité des études énoncées précédemment néglige ce facteur que certains chercheurs comme Laeyendecker (1993) ne manquent pas de rappeler. De même, le facteur anthropique a pu jouer un rôle sur l'exploitation des quelques arbres et arbustes dans la toundra forestière et arbustive comme en témoignent les travaux de Kaplan (2009) et Lemus Lauzon et al. (2012) qui montrent l'impact de l'établissement des Inuit dans la toundra au Labrador.

Comme exemple, nous pouvons citer la quasi-absence de bois dans le Navy Board Inlet au nord de la terre de Baffin où un seul bois daté de 4000-4250 BP a été retrouvé lors des prospections de Dyke *et al.*, (1997). Le facteur anthropique pourrait expliquer la rareté du bois dans le secteur où l'occupation a été continue durant les 2000 dernières années par les Paléoesquimaux et Néoesquimaux. En témoignent d'ailleurs, les nombreux bois conservés dans les sites archéologiques comme Nunguvik ou Button Point (Mary-Rousselière, 1979a et b) et qui attestent de l'importance de l'utilisation du bois par les populations de la région.

## **1.4 Composition actuelle des essences de bois sur les plages et dans les sites archéologiques en Arctique oriental et occidental**

### **1.4.1 - Synthèse des connaissances sur les essences de bois flottés en Arctique**

Les premières recherches sur le bois flotté arctique ont débuté au Svalbard à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle (ex. Agardh, 1869 dans Eggertsson, 1994). Depuis cette période, plusieurs études sur le sujet ont été réalisées dans différentes parties de la zone circumpolaire. C'est le cas par exemple dans le détroit de Béring et la côte nord de l'Alaska (Giddings, 1941, 1943 ; Oswalt, 1951 ; Giddings, 1952b ; Van Stone, 1958 ; Alix, 2001 ; Alix et Brewster, 2004 ; Wheeler et Alix, 2004 ; Alix, 2005, 2006, 2008), sur les côtes de la mer de Beaufort et le dans le golfe d'Amundsen (Kindle, 1921 ; Giddings, 1952b ; Reimnitz et Maurer, 1979 ; Eggertsson, 1994 a et b ; Eggertsson et Laeyendecker, 1995), au nord et au sud de la baie de Baffin dans le centre de l'archipel Arctique (Blake, 1972 ; Stewart et England, 1983 ; Dyke *et al.*, 1997 ; England *et al.*, 2008), au Groënland (Blake, 1975 ; Funder *et al.*, 2011 ; Hellmann *et al.*, 2013), sur JanMayen (Johansen, 1998), en Islande (Bartholin et Hjort, 1987 ; Eggertsson, 1993), au Svalbard (Euroala, 1971 ; Salvigsen, 1981 ; Häggblom, 1982 ; Eggertsson, 1994c ; Hellmann *et al.*, 2013), en Norvège (Johansen, 1999), en Russie (Johansen, 2001).

Les bois flottés trouvés à l'est dans le Haut-Arctique sont souvent plus petits (inférieur à 1 m de long et environ 20 cm de diamètre) et plus secs que dans l'Arctique de l'ouest où de nombreux bois flottés encore frais (avec écorce) d'une longueur supérieure à 10 m et de 20 à 40 cm de diamètre (voire plus) peuvent être régulièrement trouvés (Blake, 1972 ; Laeyendecker, 1993 ; Eggertsson et Laeyendecker, 1995 ; Dyke *et al.*, 1997 ; Alix, 2005, 2009a).

Une synthèse des essences de bois flottés trouvées dans les différentes régions de l'Arctique peut être énoncée ici.

Sur les côtes ouest de l'Amérique du Nord (Alaska et nord du Canada), l'essence prédominante est l'épinette (*Picea* spp. cf. *glauca* et *mariana*) associée essentiellement au peuplier (*Populus* spp.), quelques espèces comme le mélèze (*Larix* spp. cf. *laricina* et quelques *sibirica*), le saule (*Salix* spp.), et plus rarement l'aulne (*Alnus* spp.) et le bouleau (*Betula* spp.). Ces essences proviendraient principalement de la toundra forestière américaine et sibérienne. D'autres essences comme le pin (*Pinus* spp.), la

pruche (*Tsuga* spp.) ou le cèdre (*Thuja* spp.) peuvent également être présentes plus au sud-est de l'Alaska. Dans l'archipel canadien et notamment sur les côtes de l'île de Baffin, ces essences trouvées dans les amas de bois flottés sont souvent associés à du pin (*Pinus* spp. cf *sylvestris*, *sibirica*) provenant des côtes européennes et sibériennes. Plus au nord-est, (Groënland, Islande, Svalbard, Jan Mayen, Norvège), les amas de bois flottés sont d'ailleurs préférentiellement formés du pin provenant des côtes européennes et sibériennes avec comme essences secondaires l'épinette, le mélèze, quelques sapins et plus rarement des feuillus comme le peuplier, le bouleau, le saule et l'aulne. Sur la côte ouest de la Russie, au nord de la rivière Dvina, l'identification récente de bois flottés révèle une proportion presque identique d'épinette et de pin comme essences prédominantes pouvant provenir aussi de la toundra sibérienne et européenne norvégienne.

#### 1.4.2 - Synthèse des connaissances sur les essences de bois et charbons dans les sites archéologiques arctiques

A l'instar des bois trouvés sur les côtes, de nombreuses ressources ligneuses ont été mises au jour dans différents sites archéologiques thuléens et dorsétiens de l'Arctique. Une des premières études visant à analyser les vestiges en bois conservés dans les sites archéologiques en Arctique pour mieux comprendre les cultures inuites du passé a été réalisée au nord ouest de l'Alaska (Giddings, 1952a). Mais ce n'est que plus récemment que l'intérêt porté aux ressources ligneuses archéologiques et leur exploitation a connu un essor important notamment en Alaska (Stanford, 1976 ; Savelle, 1987 ; Arnold 1994 ; Alix, 2001 ; Wishart et Murray 2001 ; Mason, 2003 ; Alix, 2003, 2007, 2009 b; 2012 ; Deo Shaw, 2012), dans l'archipel de l'Arctique central comprenant l'île Victoria et l'île de Baffin (Maxwell, 1960 ; Schweingruber, 1977 ; Mary-Rousselière, 1979a et b ; Le Mouel et Hehmsthal-Le Mouel, 1982 ; Mc Ghee, 1984 ; Le Mouel et Hehmsthal-Le Mouel, 1985, 1986 ; Savelle, 1987 ; Laeyendecker, 1993a et b ; Eggertsson, 1994a ; Alix, 2009a et b), dans le détroit d'Hudson et les côtes du Québec-Labrador (Birket-Smith, 1929 ; McCartney, 1977 ; Laeyender, 1993a ; Fitzhugh *et al.*, 2006; Zutter, 2012) ou encore au Groënland (Grønnow, 1996, 2012).

Ces restes ligneux apparaissent principalement sous la forme de charbons, de fragments de bois naturels ou travaillés (baguettes, hampes de flèches, harpons, arcs, récipients,



manches, cuillères). Si un grand nombre de bois trouvés ne peuvent pas être attribués à un objet ou à une fonction précise, la détermination de leur espèce est toujours possible.

Ainsi, parmi les essences recensées dans les assemblages archéologiques, on retrouve une large majorité de conifères notamment d'épinette dans l'Arctique canadien et du mélèze plus à l'est comme au Groënland. Du pin a également été trouvé dans les sites archéologiques arctiques, souvent plus à l'est. Plusieurs feuillus sont aussi présents mais en moins grand nombre que l'épinette et le mélèze à savoir majoritairement du saule, du peuplier et beaucoup plus rarement du bouleau et de l'aulne. D'autres rares feuillus d'origine plus tempérée, probablement issus des premières expéditions (naufrages, commerce), ont parfois été trouvés dans certains assemblages. A titre d'exemple, le chêne (*Quercus* sp.), le hêtre (*Fagus* sp.), le frêne (*Fraxinus* sp.), le noisetier (*Corylus* sp.) sont attestés dans des sites historiques thuléens et dorsétiens du sud de la terre de Baffin et proviendraient de matériaux apportés par Martin Frobisher lors de son expédition de 1576 (Laeyendecker, 1993 a et b). De même, du genévrier (*Juniperus* sp.) a été également trouvé par exemple dans les sites Paléoesquimaux Qaaja et Qeqertassussuk dans la baie de Disko, à l'ouest du Groënland (Grønnow, 1994).

#### 1.4.3 - Absence de données sur les ressources ligneuses au Nunavik

En dépit de ces connaissances sur les ressources ligneuses en Arctique, aucune recherche visant à établir les caractéristiques et la répartition actuelle des amas de bois flottés sur les plages et des bois dans les sites archéologiques du Nunavik n'a encore été entreprise. Cette thèse vise, entre autres, à pallier cette lacune de connaissance sur les ressources ligneuses de la côte est de la baie d'Hudson et apporter des informations inédites sur le mode de collecte et d'exploitation des ressources ligneuses par les résidents passés et actuels.

## 2. TERRITOIRE D'ÉTUDE

Le Nunavik forme le tiers nord de la province de Québec (Canada). Couvrant une superficie d'environ 507 000 km<sup>2</sup>, ce territoire est bordé par la baie d'Hudson à l'ouest, le détroit d'Hudson et la baie d'Ungava au nord-est et par le Labrador à l'est (Figure 4).

Le Nunavik comprend également les îles, qui font légalement partie du Nunavut, et le nord du Labrador.

Le *Nunavik*, en inuktitut « *l'endroit où vivre* » compte environ 12 000 habitants dont environ 90% sont inuits. La population se répartit dans les 14 villages côtiers suivants, cités par ordre décroissant de population (Figure 3) : Kuujuaq, Puvirnituq, Inukjuak, Salluit, Kangiqsualujuaq, Kuujuarapik, Kangiqsujuaq, Akulivik, Kangirsuk, Umiujaq, Ivujivik, Quaqtaq, Tasiujaq, et Aupaluk (Robitaille et Choinière, 1988).

### **2.1 Évolution du contexte naturel au Nunavik**

Le Nunavik est séparé du territoire du Nunavut par la baie d'Hudson à l'ouest et le détroit d'Hudson et la baie d'Ungava au nord. Au sud, le 55<sup>e</sup> parallèle le sépare de la région de la baie de James tandis que la région administrative de la Côte-Nord et la province de Terre-Neuve-et-Labrador constitue sa limite au sud-est.

Ce territoire présente un ensemble de plateaux formés de roches cristallines précambriennes et se termine dans sa partie nord-ouest en abrupts littoraux dont la hauteur peut atteindre plusieurs centaines de mètres. La côte est de la baie d'Hudson forme un arc bordé d'îles côtières constituées de calcaire, de grès, de quartzite et de dolomie d'âge précambien (Avramtchev, 1982). Ces roches reposent en discordance sur le socle granito-gneissique et forment un relief de cuestas dont le revers est orienté vers le littoral ouest.

Le paysage du Nunavik a beaucoup évolué au cours du Quaternaire.

Lors du dernier maximum glaciaire, il y a 18 000 ans BP (Wisconsinien supérieur), le Nunavik était couvert par l'inlandsis laurentien qui a engendré l'enfoncement des terres (enfoncement glacio-isostatique). Les mouvements et les processus glaciaires ont laissé diverses marques dont certaines demeurent très visibles dans le paysage (par ex. stries et cannelures, broutures, roches mutonnées, etc.).

La fonte du glacier a été entamée vers 8000 ans BP permettant le retrait des marges glaciaires. La disparition des dernières masses de glaces de la calotte laurentienne de la

péninsule d'Ungava ne s'est pas effectuée avant 6000 BP (Gray *et al.*, 1993; Lauriol et Gray, 1987 ; Gray, 2001). Les côtes libérées de glaces mais toujours enfoncées ont été submergées par des mers postglaciaires dès 7000 BP (Gray et Lauriol, 1985) : la mer de Tyrrell le long de la baie d'Hudson et du détroit d'Hudson et la mer d'Iberville le long de la baie d'Ungava. La limite marine maximale atteinte en altitude s'échelonne selon les lieux, entre 110 et 270 m (Gray et Lauriol, 1985). Le relèvement des terres allégées du poids du glacier (en fonte) a conduit à l'émersion des terres et par conséquent au retrait de la mer. Les courbes d'émersion des terres indiquent un relèvement isostatique rapide entre 7000 et 3000 BP, avec un taux moyen variant entre 4 et 9 m/siècle selon les régions. Ce taux a diminué de 1 à 0,5 m/siècle durant les trois derniers millénaires (Gray *et al.*, 1993; Bhiry *et al.*, 2011 ; Lavoie *et al.*, 2012).

De plus, d'importants changements biogéographiques et écologiques sont survenus au Nunavik durant l'Holocène. Entre le début de la déglaciation il y a environ 8 000 BP (variable selon les secteurs) et 6000 BP environ, une toundra herbacée plus dense qu'aujourd'hui a colonisé les terres de l'Ungava au fur et à mesure que la glace reculait. Aux alentours de 7000-6000 BP, la toundra fut envahie par les arbustes, principalement les bouleaux (*Betula glandulosa*) et les aulnes (*Alnus crispa*). Entre 6000 et 4000 BP, les glaces n'occupaient plus que 70 000 km<sup>2</sup> en Ungava. Le climat estival était plus chaud qu'aujourd'hui (Richard, 1995 ; Viau *et al.*, 2006). Les données polliniques suggèrent que dans la zone actuelle de la toundra herbacée, une phase de toundra arbustive dense (composée de bouleaux glanduleux et aulnes crispés) s'est développée alors que dans l'actuelle zone de toundra arbustive, c'est une phase de taïga arbustive dense qui perdura jusqu'à 4000 BP. Les sapins, mélèzes, trembles et peupliers, aujourd'hui épars, y étaient plus nombreux et plus répandus (Richard *et al.*, 1982, Richard et Grondin, 2009).

Entre 5000 et 4000 BP, les arbres (épinette noire, épinette blanche, mélèze, peuplier baumier) atteignirent leur limite nordique d'extension postglaciaire (Payette, 1993) et leur densité maximale (Richard, 1981, Richard *et al.*, 1982). A titre d'exemple, les forêts d'épinette atteignirent leur limite septentrionale un peu après 5000 BP près de la baie d'Ungava (Richard, 1981) et vers 4600-4500 BP près de la baie d'Hudson, dans la région de la rivière Boniface (Gajewski *et al.*, 1993 ; Payette, 1993).

C'est à partir du Néoglaciale, vers 4000 BP, que la végétation a connu alors une dynamique régressive et les arbustes et buissons sont devenus rares et rabougris comme on l'observe encore aujourd'hui. La toundra forestière telle que nous la connaissons est une formation végétale relativement récente : elle s'est constituée progressivement depuis la déglaciation régionale, principalement sous l'emprise croissante des feux (Asselin et Payette, 2005 ; Gajewski *et al.*, 1996).

En terme bioclimatique, la péninsule d'Ungava est donc aujourd'hui formée par deux grands domaines : le domaine de la toundra arctique et le domaine de la toundra forestière subarctique (Richard, 1981 ; Payette, 1983 ; Richard, 1987). Le domaine de la toundra arctique s'étend de la limite des arbres à 58° N jusqu'au détroit d'Hudson à 62° N (Payette, 1996). Vers le sud, le domaine de la toundra forestière subarctique (ou hémiarctique) se caractérise par un couvert forestier ouvert. Elle forme une bande qui traverse le nord du Québec entre 56° et 58° N (Lavoie et Payette, 1996).

Dans le cadre de cette recherche, nous pouvons considérer que, durant toute la période d'occupation humaine au Nunavik à savoir depuis environ 3800 ans, la limite des arbres, qui représente le contact entre la toundra forestière et la toundra arctique, n'a pas évoluée de manière significative (Payette et Lavoie, 1994).

## **2.2 Occupation humaine au Nunavik**

Selon Taylor (1968) et Maxwell (1985), le début de l'occupation de l'Arctique de l'Est du Canada est survenu vers 4000 ans BP, suite à un mouvement migratoire en plusieurs vagues à partir de l'Alaska. Les groupes de l'Indépendance 1 se sont déplacés vers le Haut-Arctique (île d'Ellesmere, Groënland) alors que les Prédorsétiens ont migré vers l'Arctique central et oriental (bassin de Foxe, Terre de Baffin, détroit d'Hudson) (Helmer, 1994; McGhee, 2001; Ramsden et Tuck, 2001). Afin de mieux situer chronologiquement et culturellement cette étude, il convient de rappeler ci-dessous les principales différenciations chronoculturelles du Nunavik (Figure 3). Deux grandes cultures ont occupé ces terres arctiques depuis la dernière glaciation jusqu'au développement de la culture inuite actuelle : les Paléoesquimaux et les Néoesquimaux (Maxwell, 1985).



Figure 3 : Principales différenciations chronoculturelles de l'Arctique nord américain et du Groenland. Les phases culturelles sont celles qui sont le plus généralement acceptées dans la littérature (Fitzhugh, 1972; Maxwell, 1985; McGhee, 2001). Pour le Nunavik, la chronologie des phases dorsétiennes et prédorsétiennes est en partie inspirée des nouvelles recherches sur le site de Tayara (Nunavik) (ex. Desrosiers, 2009) (Institut culturel Avataq, 2011)

### 2.2.1 - Les Paléoesquimaux (Prédorsétiens et Dorsétiens)

#### *Les Paléoesquimaux anciens ou Prédorsétiens*

Au Nunavik, le Prédorsétien couvre la période de 3800 à 2700 BP. La définition des subdivisions de cette culture fait encore l'objet de controverses. Selon Gendron et Pinard (2000), le Prédorsétien serait subdivisé en ancien, moyen, récent et terminal.

La culture matérielle des Prédorsétiens se caractérise par un outillage microlithique soigné incluant, entre autres, des burins, des perçoirs et des racloirs. Les Prédorsétiens utilisaient la technologie des lampes en stéatite de formes circulaires, efficaces en terme de luminosité et de chaleur (Hoffecker, 2005). Les groupes de cette culture semblent avoir été relativement mobiles avec des déplacements saisonniers entre les côtes et l'intérieur des terres. Leur subsistance reposait ainsi principalement sur la chasse aux mammifères marins (principalement le phoque et un peu de morse) à l'aide de harpons projetés à la main et sur la chasse aux caribous et petits gibiers grâce à la lance et à l'arc (Maxwell, 1985). Leurs structures d'habitation étaient souvent de formes bilobées avec aménagements axiaux et foyers centraux, mais ils pouvaient également habiter des tentes sans aménagement intérieur particulier ou encore des structures creusées dans des champs de blocs (Gendron, 2001).

### ***Les Paléoesquimaux récents ou Dorsétiens***

La période de transition entre la fin du Prédorsétien et le début du Dorsétien est mal définie et une continuité entre les deux cultures semble vraisemblable (Taylor, 1965, 1968 ; Nagy, 2000 ; Labrèche, 2001). Certains chercheurs postulent une transition culturelle liée au refroidissement climatique survenu entre 2200 BP et 1900 ans BP qui aurait bouleversé la disponibilité des ressources animales et végétales entraînant alors des modifications technologiques et économiques (Barry *et al.*, 1977 ; Hoffecker, 2005). Selon une majorité d'auteurs, le Dorsétien se serait déroulé en trois phases : ancienne (2200-2000 ans BP), moyenne (2000-1400 ans BP) et récente (1400-1000 ans BP) (Maxwell, 1985 ; Pinard et Gendron, 2009). Cependant, de récentes recherches sur le site de Tayara près de Salluit (Nunavik) tendent à montrer qu'il n'existe pas de différence entre le Dorsétien ancien et le Dorsétien moyen au Nunavik, ni ailleurs dans l'Arctique de l'est (Desrosiers *et al.*, 2006, Desrosiers 2009). Ces chercheurs proposent ainsi de remplacer cette dichotomie terminologique par le terme Dorsétien classique.

Les Dorsétiens fabriquaient un outillage majoritairement microlithique et utilisaient des matières premières diversifiées (os, andouiller, ivoire et bois) pour la fabrication d'une grande diversité de pointes, de microlames, de pseudo-burins, de têtes de harpons, de patins de traîneaux, de couteaux à neige ou encore de crampons (Maxwell, 1985 ; Hoffecker, 2005). Ils confectionnaient aussi des aiguilles d'os pour la couture. La

stéatite était utilisée pour la fabrication de récipients ou de lampes de forme rectangulaire (Taylor, 1968 ; Maxwell, 1985).

Les Dorsétiens chassaient les mammifères terrestres (caribous), les oiseaux migrateurs, cueillaient différents végétaux, pêchaient des poissons et chassaient surtout les mammifères marins (phoques, bélugas, morses etc.), excepté les grandes baleines (Pinard, 1993 ; Plumet, 1994 ; McGhee, 2001). Ils ont laissé des vestiges de petites tentes avec, le plus souvent, des aménagements axiaux, mais également des structures allongées ou légèrement creusées probablement pour y habiter en hiver (Maxwell, 1985). Par ces différents outils et aspects, les Dorsétiens semblaient mieux adaptés à la banquise côtière que leurs prédécesseurs (McGhee, 1996). Avec eux, apparurent également les caches et les inukshuks. De plus, l'art (gravures, pétroglyphes, sculptures) semblait tenir une place importante (Saladin d'Anglure, 1963 ; Arsenault et Gendron, 2007) avec la production de pièces artistiques associées au chamanisme (Saladin d'Anglure, 1963 ; Plumet, 1997 ; Laugrand et Oosten, 2008). Certains archéologues pensent aussi que cette apparente augmentation de la production artistique à la fin du Dorsétien pourrait être associée à des changements environnementaux ou sociaux (Taçon, 1983).

Les hausses des températures pendant la période du Petit Optimum Médiéval (POM) (1150-950 BP) pourraient être à l'origine de la disparition des Dorsétiens. Ces derniers pourraient aussi avoir été assimilés par les Thuléens, ancêtres directs des Inuit. Une autre hypothèse propose que la modification des répartitions des ressources liée à la hausse de température aurait entraîné une rivalité entre les deux cultures et la disparition subséquente des Dorsétiens. D'ailleurs, il semble que l'abondance en morses ait considérablement baissé durant le POM ce qui aurait pu être un facteur de rivalité entre ces populations (Murray, 1999). Certaines légendes inuites évoquent également les Tuniiit, habitants de l'Arctique, qui auraient été chassés par les Inuit dont la technologie était plus avancée. (McGhee, 1981). Ces traditions orales relatent peut-être la rencontre entre les Dorsétiens et les Thuléens à cette époque. Néanmoins, les hypothèses de coexistence entre Dorsétiens et Thuléens sont de plus en plus remises en cause car les preuves de contact entre les deux cultures sont insuffisantes (Park, 1993 ; McGhee, 2000). Les contacts entre les Thuléens et les Dorsétiens demeurent des sujets à débats.

## 2.2.2 - Les Néoesquimaux (Thuléens, Inuit)

### ***Les Thuléens***

Après avoir migré vers 1200 BP du nord-ouest de l'Alaska, les Thuléens arrivèrent au Nunavik aux alentours de 800-700 BP. Les premiers sites thuléens datant de cette époque se retrouvent dans le détroit d'Hudson et sur la côte occidentale de la baie d'Ungava (régions de Quaqtaq et de Kangiqsujuaq) (Plumet, 1979 ; Plumet et Gangloff, 1987 ; Pinard, 1993 ; Plumet, 1994 ; McGhee, 2000 ; Lofthouse, 2007b ; Maschner *et al.*, 2009). La culture matérielle thuléenne se caractérise par une technologie plus volumineuse et ingénieuse que celle du Paléoesquimau, autant pour les matières lithiques qu'organiques. Ils utilisaient diverses embarcations pour se déplacer comme l'umiak, le kayak ou le traîneau à chiens (Desrosiers *et al.*, 2008). Avec eux, apparaît également l'invention du flotteur pour chasser en haute mer. Les Thuléens étaient d'ailleurs capables de chasser les grandes baleines sur lesquelles pouvaient reposer une partie de leur subsistance (McGhee, 1996). Leurs habitations se caractérisaient par des structures semi-souterraines avec tunnel d'entrée composées de roches et de tourbes. Dans le Haut-Arctique, en l'absence de bois, des os de baleines étaient utilisés pour soutenir le toit (McGhee, 1996). Néanmoins, leur style d'habitations et leur mode de vie semblent avoir été modifiés pendant les conditions climatiques froides survenues entre les années 1600 et 1850 au Nunavik. Cette période du Petit Âge glaciaire (PAG) semble en effet avoir induit une augmentation du couvert de glace, ce qui aurait eu comme conséquence un déclin de la chasse à la baleine, obligeant les Thuléens à des déplacements plus fréquents pour se nourrir et à une utilisation accrue des igloos moins complexes à construire (Schledermann, 1976 ; Pinard, 1993). C'est également durant cette époque que la différenciation régionale de la culture inuite se serait effectuée (Smith, 1991). Cependant, dans la baie d'Hudson, il a été récemment démontré que l'utilisation des maisons semi-souterraines s'est poursuivie au moins jusqu'à la fin du PAG (Desrosiers *et al.*, 2010, Lemieux *et al.*, 2012).

### ***Les Inuit***

Les Inuit historiques et contemporains correspondent aux populations du XIX<sup>ème</sup> et du XX<sup>ème</sup> siècles, descendants directs des populations thuléennes après l'arrivée des premiers Européens et Euro-Canadiens. Bien que les termes « Thuléen » et « Inuit »



servent aujourd'hui à différencier la culture archéologique décrite par les traditions orales, de la culture historique documenté par écrit, il est aussi juste de parler de la culture inuite pour désigner la culture thuléenne. Les premiers contacts entre les Thuléens/Inuits et les Européens et Euro-Canadiens sont liés à l'exploration, à la chasse aux baleines et aux postes de traite dont le premier au Nunavik fut installé au lac Guillaume-Delisle en 1750 (Marcoux, 2006 ; Marcoux et Roy, 2008 ; Roy, 2008). Ces postes ont eu une influence progressive sur le mode de vie des Inuit qui, à partir des années 1950 sont devenus sédentaires pour répondre aux nouvelles politiques du gouvernement fédéral canadien (Morantz, 2010).

### 2.3 Régions d'étude

Cette recherche porte sur quatre régions situées sur la côte ouest du Nunavik (Figure 4). Du nord vers le sud, il s'agit des secteurs d'étude autour des villages inuits d'Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq.

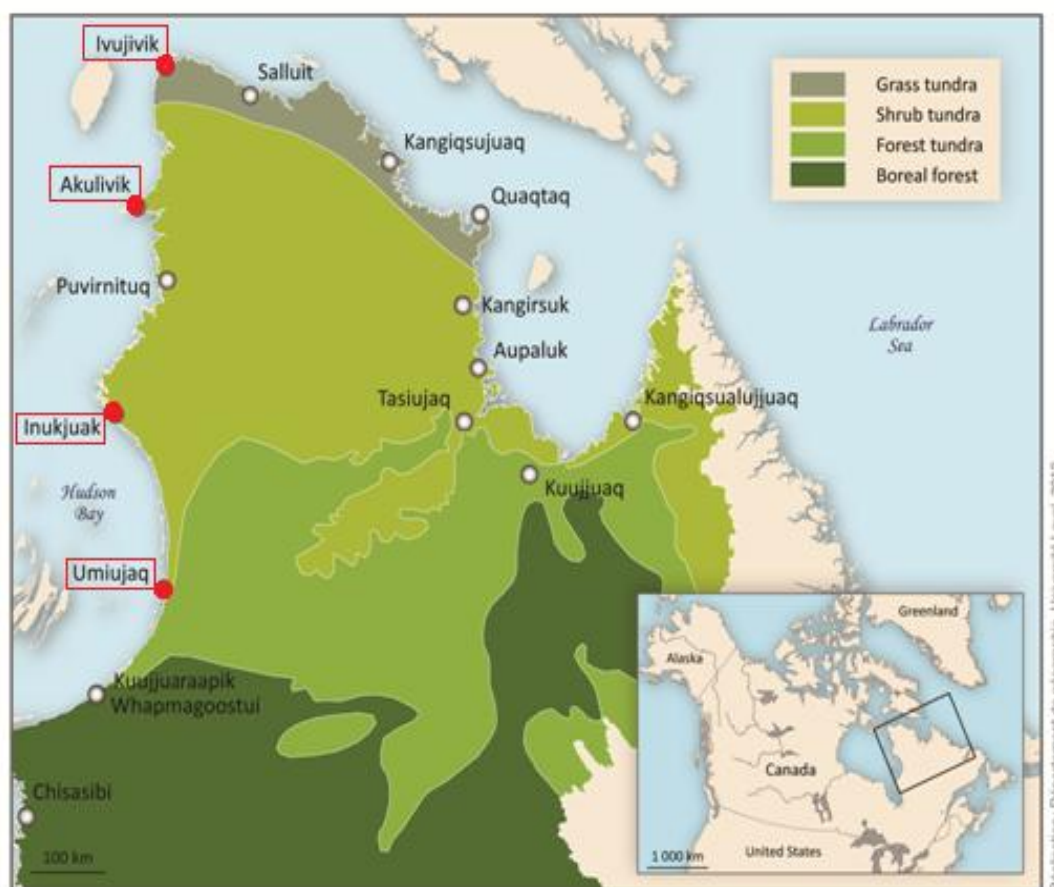


Figure 4 : Zones de végétation au Nunavik et localisation des sites d'étude (modifié de Payette, 1983)

### 2.3.1 - La région d'Ivujivik

#### ***Localisation et principales caractéristiques naturelles***

La communauté d'Ivujivik est située à l'extrémité nord-ouest de la péninsule de l'Ungava, à la jonction de la baie d'Hudson et du détroit d'Hudson. La région est formée de roches d'âge paléoprotérozoïque (de 2,5 à 1,5 Ga) et fait partie du plateau de Larch (Payette et Bouchard, 2001). Les roches dominant le paysage sont gneissiques ou granitiques avec de nombreuses veines de quartz (Commission géologique du Canada, 1997). Le relief sur le littoral peut atteindre par endroit une altitude de 300 m. Le sol est recouvert d'une mince couche de till. La région se trouve dans un milieu arctique influencé par de forts courants atmosphériques parcourant le détroit d'Hudson de l'est vers l'ouest. Les précipitations annuelles sont de type semi-aride allant de 250 mm à 479 mm et la moitié tombe sous forme de neige (Gérardin et McKenney, 2001). La région est localisée dans la zone du pergélisol continu (Allard *et al.*, 2004). Elle s'inscrit dans la zone de végétation de la toundra arctique plus précisément dans le domaine bioclimatique de la toundra herbacée (Figure 4) (Payette, 1983, 1996) où les différentes espèces végétales n'excèdent pas 10 cm de hauteur.

#### ***Archéologie***

Cette région est considérée comme une zone de passage des peuples qui arrivèrent depuis l'Alaska jusqu'en Ungava et le sud est de la baie d'Hudson. En effet, la présence de nombreux campements et de caches démontre que la région a été fréquentée par les Paléoesquimaux, puis par les Néoesquimaux (Institut culturel Avataq, 2009b). Les sites archéologiques qui font l'objet de cette étude se trouvent sur les îles Digges localisées à une quinzaine de kilomètres au nord d'Ivujivik et sur les îles Nuvuk à environ cinq kilomètres à l'ouest du village (Figure 5).

Les îles Digges sont formées de deux îles, Digges ouest et Digges est dont les superficies sont respectivement d'environ 60 et 30 km<sup>2</sup>. L'accès par bateau à ces îles est souvent très difficile à cause des forts courants marins qui caractérisent cette région. Leur situation géographique offre néanmoins un potentiel en ressources animales leur conférant des endroits idéaux pour l'installation de groupes humains. Deux principaux sites archéologiques (KdFr-1 et KdFr-3) ont été fouillés sous la direction du département d'archéologie de l'Institut culturel Avataq au cours de l'été 2008. Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressés au site KdFr-3 situé sur la rive sud de

l'île Digges ouest. Ce site est composé de trois maisons semi-souterraines et d'une douzaine d'autres structures et dans lequel quelques charbons de bois ont été trouvés.

Les îles Nuvuk sont formées de trois îles appelées Nk-1, Nk-2 et Nk-3 dont les superficies sont respectivement d'environ 3, 2 et 5 km<sup>2</sup>. Ces îles ont fait l'objet d'une étude pluridisciplinaire d'envergure incluant une étude zooarchéologique (Thompson, 2011), la reconstitution paléoécologique locale et régionale à partir de données macrofossiles et polliniques (Pharand, 2013), une étude paléogéographique et géoarchéologique de l'archipel (Aubé-Michaud, 2013). Au total, 29 sites dont 282 structures archéologiques ont été localisés sur ces îles (Institut culturel Avataq, 2009b). Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressés au site archéologique KcFs-2, situé dans la partie nord est de l'île Nk-3, où quelques charbons de bois ont pu être dégagés (Figure 6). Ce site, fouillé en 2008 sous la direction du département d'archéologie de l'Institut culturel Avataq, comporte 17 structures dont 9 caches, 6 maisons semi-souterraines regroupées en deux ensembles de trois datant de la dernière période dorsétienne et 2 structures archéologiques identifiées comme des fosses de construction (Institut culturel Avataq, 2010 b et c) (Figure 7).

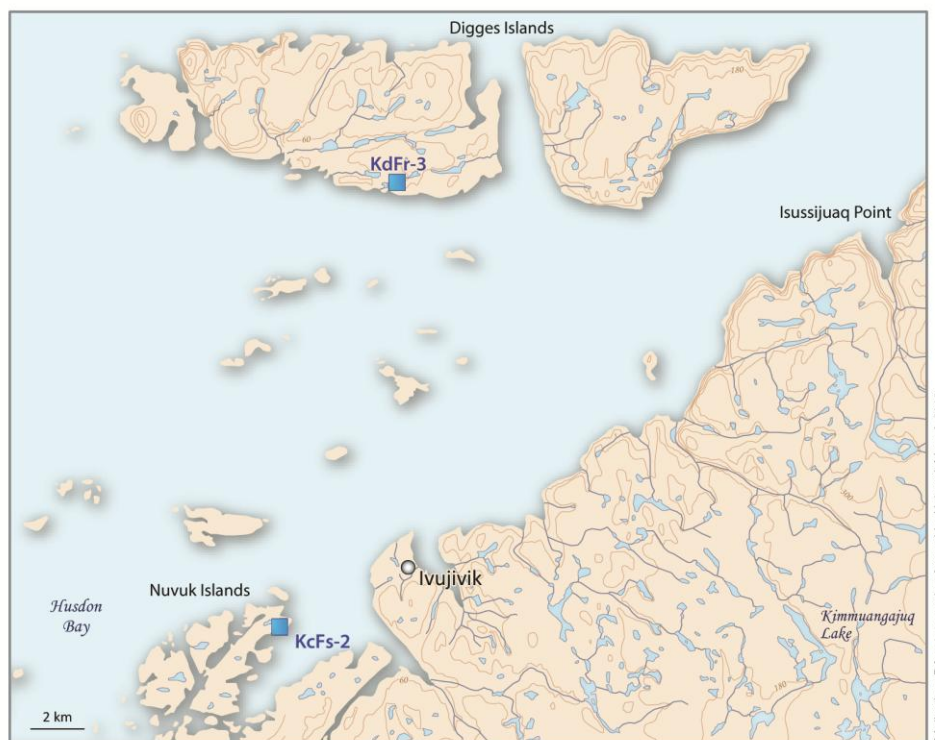


Figure 5 : Localisation des sites archéologique KcFs-2 sur les îles Nuvuk et KdFr-3 sur les îles Digges dans la région d'Ivujivik



Figure 6 : Site archéologique KcFs-2 (maison 3) sur l'île Nuvuk

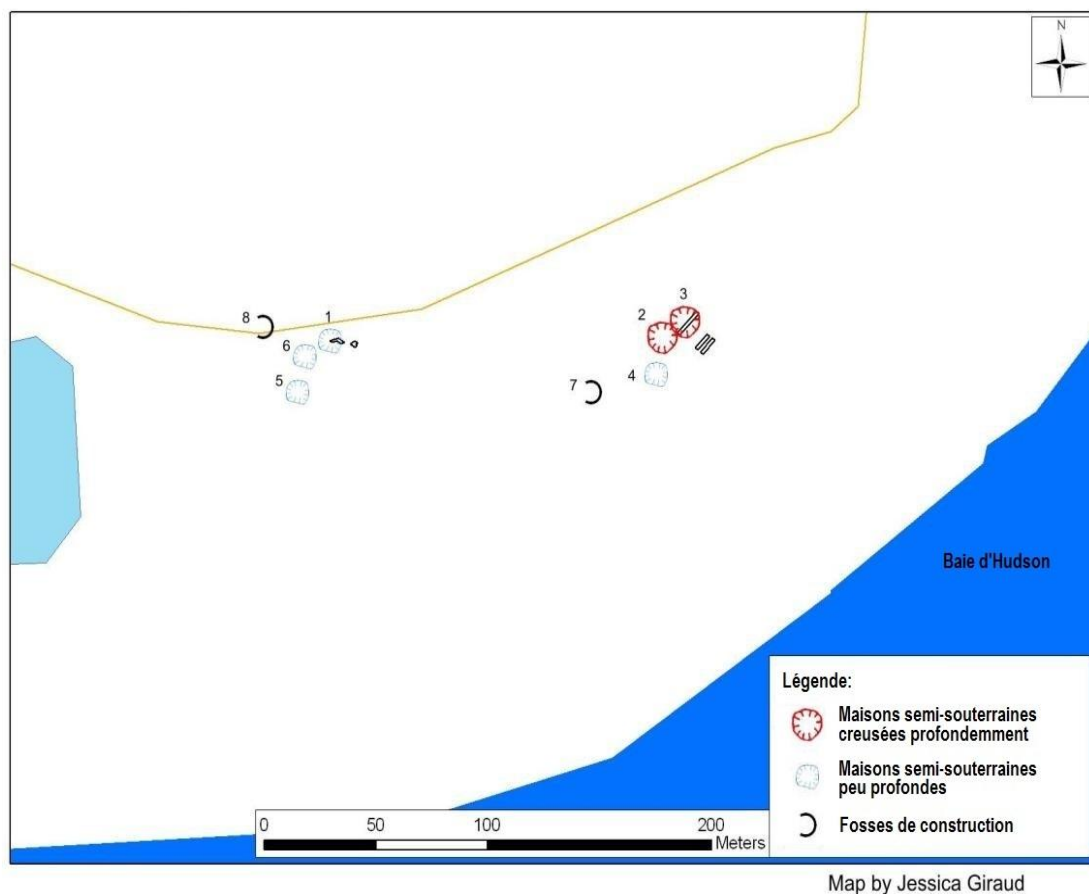


Figure 7 : Carte localisant les structures archéologiques du site KcFs-2 (modifié, Institut culturel Avataq, 2009b).

### 2.3.2 - La région d'Akulivik

#### ***Localisation et principales caractéristiques naturelles***

Le village d'Akulivik est situé à environ 200 km au sud d'Ivujivik sur la côte ouest de la baie d'Hudson (Figure 4). Le socle rocheux dans ce secteur de la province tectonique de Churchill est composé de roches volcaniques protérozoïques et de gabbro. On y trouve aussi du grauwacke, du schiste argileux, des conglomérats, de l'argilite, de la dolomie et du grès (Stockwell *et al.*, 1972). Cette partie de la province géologique correspond aux collines de Povungnituk caractérisées par une série de crêtes et de vallées orientées est-ouest pouvant atteindre une altitude maximale d'environ 400 m au-dessus du niveau de la mer (Bostock, 1979). Le sol d'Akulivik et de ses alentours est très caractéristique. Il est composé de vestiges de la dernière période glaciaire, des coquillages fossilisés très fragmentés lui donnent une texture sablonneuse blanchâtre. Des plages soulevées composées de sables coquilliers et graviers, de champs de blocs et de sédiments silteux ont été édifiées par la transgression de la mer de Tyrrell (Hillaire-Marcel, 1979).

Cette aire d'étude fait également partie de la zone climatique arctique avec des vents provenant du nord-ouest et d'ouest dominants. Les précipitations annuelles totales enregistrées dans la région sont de l'ordre d'environ 500 mm. La moitié de ces précipitations tombe sous forme de pluie, surtout entre juillet et septembre. Les chutes de neige les plus importantes ont lieu entre octobre et décembre. Les différentes espèces végétales n'excèdent donc pas 10 cm de hauteur. Akulivik se trouve en zone de pergélisol continu (Allard et Séguin, 1987), et appartient au domaine bioclimatique de la toundra arctique arbustive (Figure 4) (Payette, 1983, 1996). Le couvert végétal est ainsi composé de mousses, de lichens, d'herbacées et d'arbustes (Richard, 1981).

#### ***Archéologie***

Les premières recherches archéologiques réalisées dans la région d'Akulivik furent effectuées par Manning en 1951. L'île Smith (Qikirtajuaq), située à environ trois kilomètres du village, est particulièrement riche en patrimoine archéologique paléoesquimaux et néoesquimaux (Institut culturel Avataq, 1989). La pointe nord-est de l'île semble avoir été un lieu important pour l'occupation hivernale, ce qui pourrait s'expliquer par la polynie qui se trouve actuellement entre l'île et le continent. Dans le cadre de cette étude, nous nous intéresserons plus particulièrement au site JeGn-2 (Kangiakallak-1) dans cette partie est de l'île Smith (Figures 8 et 9). Ce site comprend



un grand nombre de maisons hivernales notamment de nombreuses structures semi-souterraines légèrement creusées, datées de la dernière période dorsétienne et des maisons en tourbe semi-souterraines datées de la période thuléenne/inuite. Les campagnes de fouilles réalisées sur ce site en 2010 et 2011 sous la direction du département d'archéologie de l'Institut culturel Avataq ont permis de documenter deux de ces structures (une de chaque période) qui ont révélé une préservation hors du commun d'outils et de restes incluant des structures en bois (Institut culturel Avataq, 2013) (Figure 10).



Figure 8 : Localisation du site archéologique JeGn-2 sur l'île Smith dans la région d'Akulivik

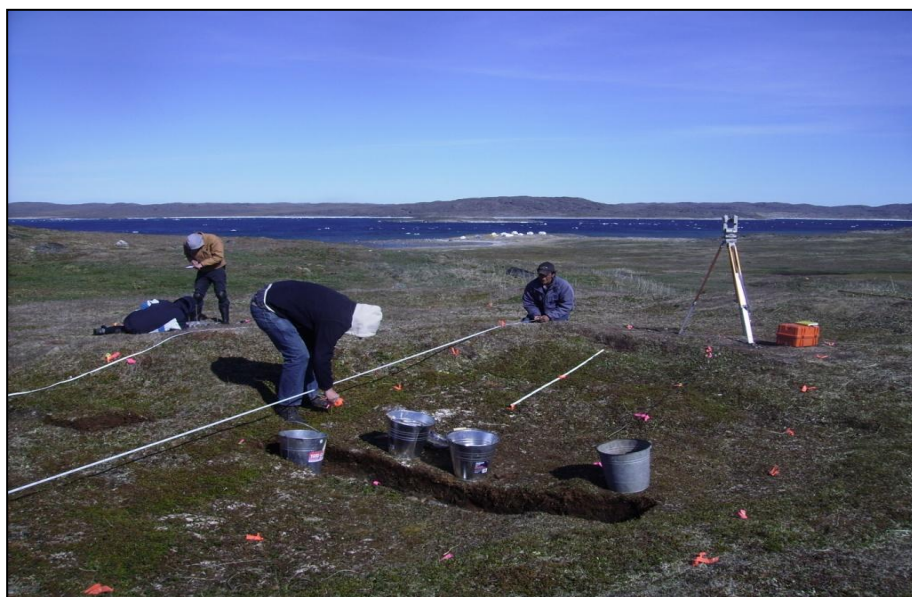


Figure 9 : Site archéologique JeGn-2 sur l'île Smith (Akulivik)

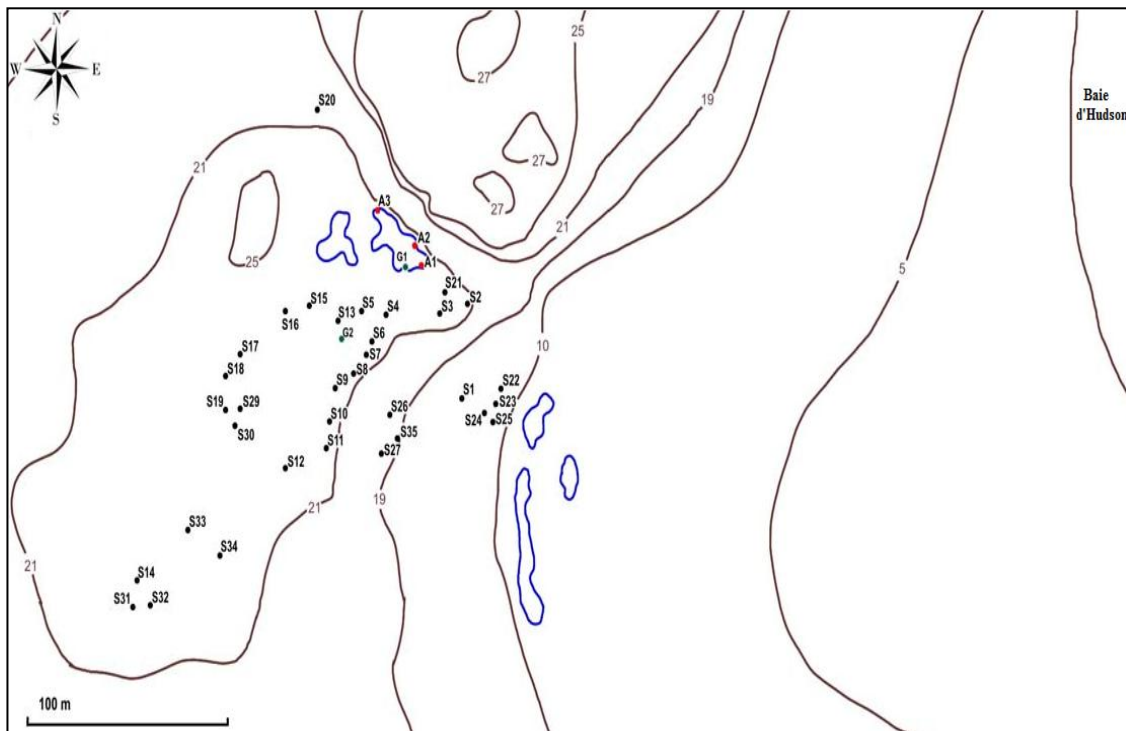


Figure 10 : Carte localisant les structures archéologiques du site JeGn-2 (S : structure, A : artéfacts collectés sur la surface et G : échantillon géomorphologique) (modifié, Institut culturel Avataq, 2013)

### 2.3.3 - La région d'Inukjuak

#### ***Principales caractéristiques naturelles***

La communauté d'Inukjuak est située sur la rive est de la baie d'Hudson à environ 250 km au sud d'Akulivik. À quelques kilomètres au large d'Inukjuak, se trouve l'archipel des îles Hopewell qui longe la côte est de la baie d'Hudson (Figure 4). Le relief de cet archipel correspond à des cuestas (Avramtchev, 1982) formées de calcaire, grès, quartzite et dolomie d'âge protérozoïque reposant en discordance sur un socle granito-gneissique. Un filon de ce socle, situé au sud d'Inukjuak, comprend des roches datant de 4,3 milliards d'années, représentant jusqu'à présent les plus vieilles roches sur Terre (Kerr, 2008). Le socle rocheux de la région comprend plusieurs traces du passage des glaciers comme des stries glaciaires, des broutures, moraines, etc. (Lemieux, 2009 ; Lemieux *et al.*, 2011).

Cette aire d'étude fait partie de la zone climatique arctique, caractérisée par un hiver rigoureux, une courte saison de dégel et de faibles précipitations (Gouvernement du

Québec, 2006). Tout comme Akulivik, la région d'Inukjuak se trouve en zone de pergélisol continu (Allard et Séguin, 1987) et dans le domaine bioclimatique de la toundra arctique arbustive (Figure 4). Elle se caractérise ainsi par la présence de saules et de bouleaux nains, de plantes herbacées, de mousses et de lichens (Saucier *et al.*, 2009).

### ***Archéologie***

De nombreux sites paléoesquimaux et néoesquimaux ont été recensés tant sur les côtes du continent que sur les îles.

Sur l'île Drayton située à une vingtaine de kilomètres au sud d'Inukjuak, les sites IbGk-38, IbGk-7, IbGk-8 et IbGk-3 ont révélé de nombreuses structures comme des roches disposées en cercle provenant d'habitations estivales, des morceaux de kayaks et d'umiak, des caches de nourriture, des pièges à renards ou encore des tombes. Dans cette étude, nous nous intéresserons plus particulièrement au site IbGk-3 (Qijurittuq) qui a été fouillé en 2007 et en 2008 (Figure 11). Ce site a fait l'objet d'études pluridisciplinaires, axées principalement sur l'archéologie, la paléogéographie et la paléoécologie (Institut culturel Avataq, 2008 ; Lemieux, 2009 ; Lemieux *et al.*, 2011). Il a été occupé dans un premier temps par les derniers dorsétiens qui y ont aménagé des maisons souterraines peu profondes. Puis, il a été réoccupé par les Thuléens/Inuit qui y ont construit, en guise de campement d'hiver, des maisons semi-souterraines avec des tunnels d'entrée. Au total, le site se compose de 19 structures archéologiques : 13 maisons semi-souterraines (structures 1 à 7, 9 à 13 et 15), une cache, une tente estivale (structure 18), une maison rectangulaire typique de la dernière période dorsétienne (structure 17) et 3 autres structures indéterminées (structures 8, 16 et 14) (Desrosiers *et al.*, 2010) (Figures 12 et 13). Deux structures chevauchées (1 et 15) furent l'objet des fouilles sous la responsabilité du département d'archéologie de l'Institut culturel Avataq. À l'avant de cette structure, un dépotoir composé essentiellement de restes osseux d'animaux témoigne des activités et du mode de vie de ceux qui ont occupé le site. Une des caractéristiques de cette structure est la présence de bois provenant de la charpente de la maison qui a été mise au jour lors des fouilles (Institut culturel Avataq, 2008 et 2009 a). Dans le cadre de cette recherche, ces fragments de bois ainsi que les nombreux charbons retrouvés dans ce site ont été étudiés.





Figure 11 : Localisation du site archéologique IbGk-3 sur l'île Drayton dans la région d'Inukjuak



Figure 12 : Structure fouillée sur le site archéologique IbGk-3 sur l'île Drayton (Inukjuak)

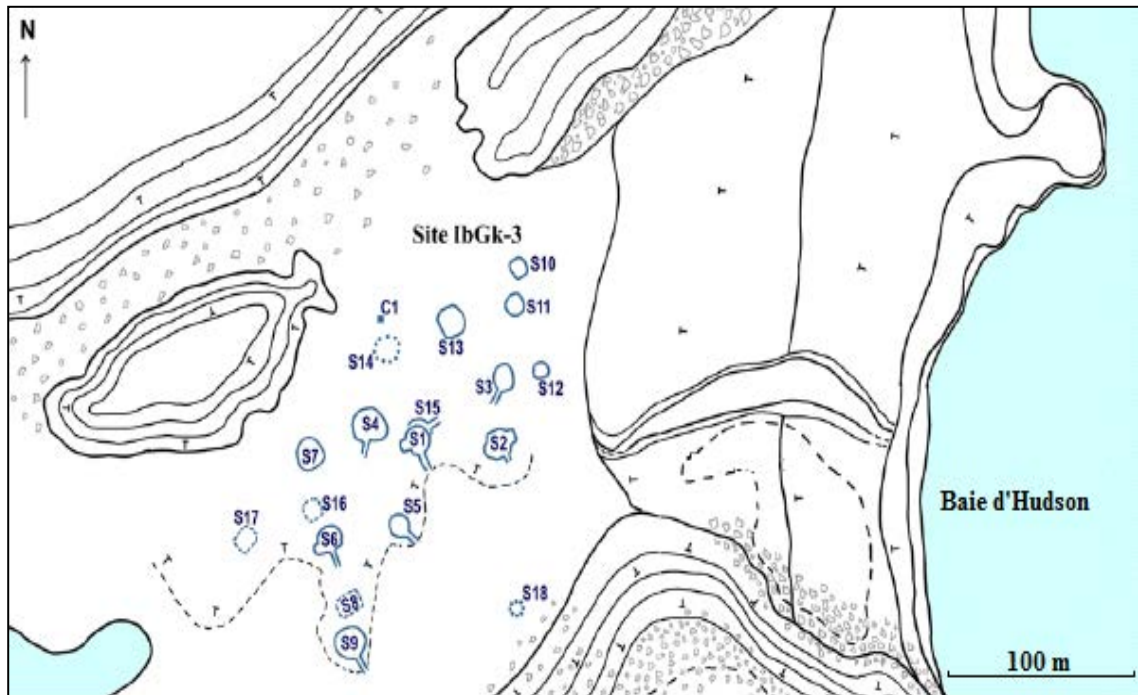


Figure 13 : Carte localisant les structures archéologiques du site IbGk-3 (modifié, Desrosiers *et al.*, 2010)

#### 2.3.4 - La région d'Umiujaq et du lac Guillaume-Delisle

##### ***Localisation et principales caractéristiques naturelles***

Le lac Guillaume-Delisle ou Richmond Gulf également appelé *Tasiujaq* en inuktitut est situé à environ 250 km d'Inukjuak et 15 km au sud du village d'Umiujaq sur la côte est de la baie d'Hudson. De forme presque triangulaire, il occupe une superficie d'environ 710 km<sup>2</sup>. La dépression topographique du lac Guillaume-Delisle est localisée au niveau d'un fossé d'effondrement (graben) d'âge protérozoïque qui s'oriente d'une manière générale de l'est vers l'ouest (Chandler, 1988). La région est caractérisée par deux ensembles géologiques distincts : des roches gneissiques et granitiques du Précambrien et des roches sédimentaires et volcaniques d'âge Protérozoïque (Stevenson, 1968 ; Avramtchev, 1982 ; Ciesielski, 1998). Ces dernières roches forment des cuestas disposées en reliefs monoclinaux asymétriques inclinées vers la baie d'Hudson et sont marquées d'activités érosives glaciaires et fluviales (Chandler et Schwarz, 1980). La rive ouest du lac est bordée d'amphithéâtres de plages soulevées qui se sont formées suite au retrait des eaux de la mer de Tyrrell ou de falaises rocheuses de 365 m de haut en moyenne (cuestas les plus élevées du Québec) (Francis, 1999 ; Lavoie, 2006). La rive est se caractérise par une succession de pointes rocheuses, quelques plages dans les

baies protégées, des estrans vaseux dans les secteurs de faible énergie hydrodynamique et de différents niveaux de terrasses qui sont eux aussi d'excellents indicateurs du relèvement glacio-isostatique postglaciaire durant l'Holocène (Lavoie, 2006). De même, la présence de formes géomorphologiques, tels que des sols polygonaux (sols composés de sillons dessinant des polygones, résultant de la contraction du sol gelé lors de basses températures), des paises (buttes de tourbe gelées) ou des thermokarts (mares formées suite à fonte de la glace du pergélisol), témoignent de processus périglaciaires qui sont toujours en cours.

Cette région fait partie de la zone climatique arctique influencée principalement par la proximité de la baie d'Hudson ou plus précisément par la présence ou l'absence du couvert de glace (Wilson, 1968). L'englacement de la baie d'Hudson, de janvier à mai en moyenne confère à la région un climat de type continental. Les précipitations, dont la moitié tombe sous forme de neige entre mi-novembre et fin janvier, ont une moyenne annuelle de 680 mm (Wilson, 1968). La région s'insère dans la zone de pergélisol discontinu (Allard et Séguin, 1987) et elle fait partie de la zone de végétation de la toundra forestière (Figure 4).

### ***Archéologie***

Comme dans les autres régions étudiées, le patrimoine archéologique est ici relativement riche (Institut culturel Avataq, 2005, 2007, 2010a). Les sites archéologiques à l'étude sont les sites HaGb-3 et 9 sur l'île Cairn, HaGd-4, 7, 24, 30 dans la vallée du complexe Gulf Hazard 1 sur la rive nord du goulet (Figure 14). Ils ont été fouillés sous la direction du département d'archéologie de l'Institut culturel Avataq et ont livré quelques charbons de bois. Le site HaGb-3 (Tasiq Najuqtauvattuviniq) comporte des traces d'un campement (une structure de bois et au moins deux emplacements de tente) contemporain ainsi que des vestiges paléoesquimaux. De même, le site HaGb-9 (Kenuayuak) comprend au moins cinq structures dont une pourvue d'un aménagement axial et d'un pavage. Les sondages effectués ont permis de collecter quelques outils caractéristiques du Paléoesquimau. Le site HaGd-4 (Punngavialuk 1) situé dans le complexe Gulf Hazard 1, est caractérisé par des habitations semi-souterraines datant de la période dorsétienne (Figure 15). Le site HaGd-7 (Punngavialuk 4) comprend trois emplacements en cercle de tentes dorsétiens et historiques tandis que le site HaGd-24 (Kumarluk) comprend plusieurs structures et des artefacts



paléoesquimaux et historiques. Le site HaGd-30 (Tatsisuuq) comprend au moins un emplacement en cercle de tentes, des éclats lithiques datés de la période paléoesquimaude (Figure 16). De plus, un bol traditionnel inuit provenant du site HaGe-12 a également été mis au jour. Ce site aurait été occupé au cours de la période historique (Inuit) comme en témoignent plusieurs vestiges de structures, des caches de pierres, des tombes, traîneaux et autres objets historiques. Cette région a fait l'objet de diverses études géologiques, géomorphologiques et écologiques (exemple : Allard et Seguin, 1985 ; Payette et Delwaide, 1991 ; Lafortune *et al.*, 2006 ; Laliberté, 2006 ; Lavoie, 2006) mais les études mettant en relation les données archéologiques et les données paléoenvironnementales sont encore rares.



Figure 14 : Localisation des sites archéologiques HaGb-3,9, HaGd-4,7, 24,30 and HaGe-12 dans la région d'Umiujaq



Figure 15 : Sites archéologiques HaGd-4 dans le complexe du Golfe Hasard (Umiujaq)

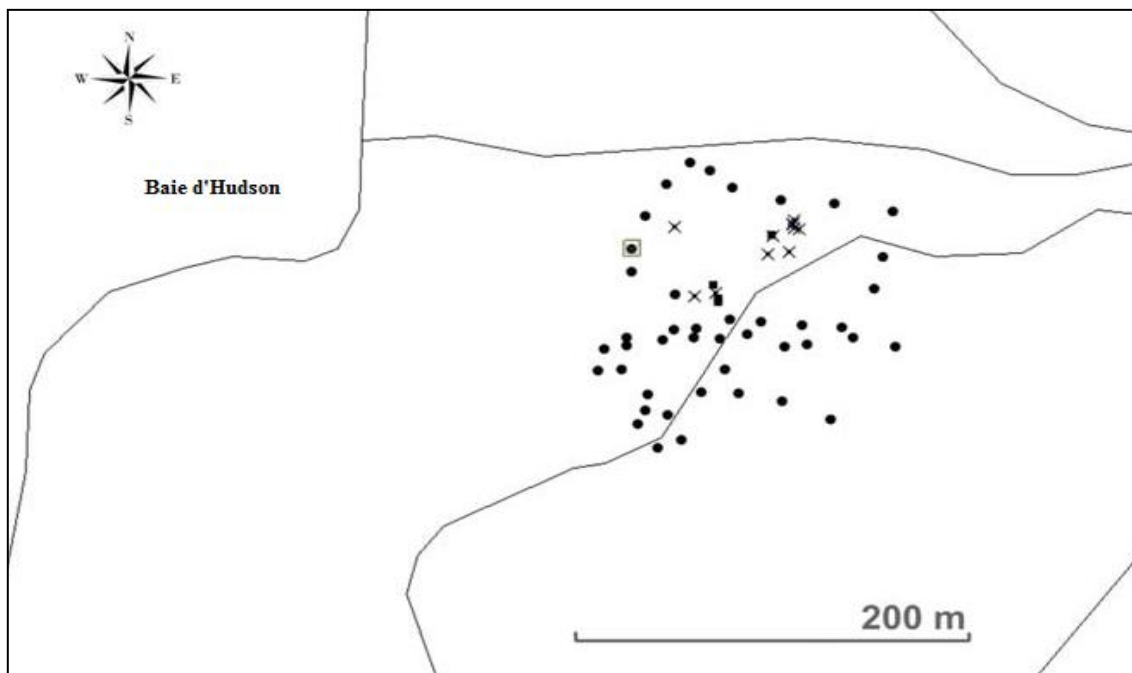


Figure 16 : Détail du site HaGd-30 (Umiujaq) : les X représentent la localisation d'artéfacts ou d'amas de taille en surface, les S sont les sondages, incluant le sondage de 2004 (modifié, Institut culturel Avataq, 2010a)

### 3. CADRE DE LA RECHERCHE ET PROBLEMATIQUE

Les côtes est et nord du Nunavik et les îles bordières, sont ainsi caractérisées par la présence de nombreux sites archéologiques paléoesquimaux et néoesquimaux (Taylor, 1968 ; Arsenault, *et al.*, 1998 ; Pinard, 1999 ; Gendron et Pinard, 2000 ; Pinard, 2001). Dans ce contexte, cette région représente une zone permettant l'étude de la succession des groupes culturels depuis 4000 BP. Dans le but d'étudier ce fort potentiel archéologique et de retracer les interactions des sociétés successives avec leur environnement, des projets et programmes de recherche multidisciplinaire ont été mis en place. Le premier programme, conduit par D. Gendron (Institut culturel Avataq) et D. Arsenault (ULaval) financé par le programme ARUC (Alliances de Recherche Universités-Communautés) du CRSH (Conseil de Recherches en Sciences Humaines du Canada) de 2001 à 2003, s'intitulait « *Des Tunnits aux Inuits : Patrimoines archéologique et historique de la côte nord-est de la péninsule d'Ungava, Nunavik* ». Ce programme visait à compléter les connaissances existantes sur l'occupation humaine du détroit d'Hudson, depuis ses origines (aux environs de 4000 BP) jusqu'à nos jours, en mettant l'accent sur la reconstitution des « paysages culturels » régionaux successifs. Le deuxième programme, dirigé par l'Institut culturel Avataq en collaboration avec, principalement le Centre d'études nordiques, de 2008 à 2013, s'intitulait « *Le temps et l'espace chez les Inuit du Nunavik* ». Ce programme ARUC présentait également l'originalité de comprendre divers modules opératoires inter-reliés tels que : archéologie, environnement, géographie culturelle, ethnohistoire et histoire et a largement contribué au financement de ce doctorat. En effet, une de ses priorités, qui a fait l'objet principal de cette thèse, était l'étude de la disponibilité du bois au Nunavik et de son utilisation par les différents peuplements. Enfin, un troisième projet, financé par le Conseil de Recherche en Science Naturelle et Génie (CRSNG; 2010-2015, N. Bhiry) et le Rotary Club de Rennes (France), a été plus récemment mis en place. Ce projet, intitulé « *Impact des changements climatiques sur les milieux humides nordiques et sur l'occupation humaine dans l'Arctique* » a également financé une partie de cette thèse portant sur les ressources ligneuses au Nunavik.

Le bois tenait une place importante dans la vie quotidienne des Paléoesquimaux et Néoesquimaux qui l'utilisaient aussi bien comme bois d'œuvre : charpentes et toits des habitations semi-souterraines, moyens de transport (kayaks, traîneaux, etc.), outils de chasse (hampes, manches, etc.), objet du quotidien (cuillères, contenants, etc.), œuvres



d'art, mais également comme bois de feu pour l'éclairage et le chauffage (Morrison et Egmain, 1995 ; Turner, 2001 ; Alix, 2008). Au Nunavik, plusieurs fragments et morceaux de charbons et de bois ont d'ailleurs été trouvés dans les sites archéologiques de la région. Les arbres étant absents ou extrêmement rares dans la toundra herbacée et arbustive, la capacité des populations à s'approvisionner en cette matière première dans ces secteurs du Bas-Arctique devait très certainement être liée à la disponibilité des arbustes locaux et du bois flotté sur les plages (Laeyendecker, 1993a et b ; Arnold, 1994 ; Grønnow, 1996 ; Alix, 1998, 2001, 2004).

Suite à la découverte en 2007 d'une quantité importante de bois archéologiques de structures dans une maison semi-souterraine du site IbGk-3 sur l'île Dratyon près d'Inukjuak, une des questions posée par les Aînés du village, les archéologues et nous-mêmes au cours de ces fouilles concernait le lieu de provenance de ces larges troncs d'arbres archéologiques (Institut culturel Avataq, 2008) (Figure 17). S'agissait-il de bois flottés ou de bois coupés à la limite des arbres à une centaine de kilomètres au sud du site archéologique ? Des datations radiocarbones obtenues sur ces bois archéologiques ont révélé des périodes différentes allant de 540 à 170 ans cal. BP. (Lemieux, 2009 ; Lemieux *et al.*, 2011). Ces résultats laisseraient supposer que les Thuléens utilisaient du bois flotté pour construire leur maison car cet éventail de dates serait peu probable si ces derniers étaient allés couper ces bois dans la toundra forestière lors d'une même expédition. Cette déduction est appuyée par la présence actuelle de plusieurs longs troncs d'arbres sur les plages aux alentours du site (Figure 18).



Figure 17 : Bois de la structure d'une maison semi-souterraine du site archéologique IbGk-3 sur l'île Drayton (Desrosiers, 2008)



Figure 18 : Exemple de bois flottés actuels trouvés sur l'île Drayton (Inukjuak)

Aussi, bien que cette ressource soit renouvelée chaque année sur les plages du Nunavik, elle n'en reste pas moins imprévisible. Les facteurs climatiques et environnementaux (régularité des crues et décrues, ampleur des précipitations hivernales, tempêtes, conditions de dégel, etc.) peuvent en effet jouer un rôle sur le déversement des troncs d'arbres par les fleuves et faire varier la quantité, la qualité et la période de dépôt des bois sur les plages (Haggbloom, 1982 ; Mason, 1998 ; Alix, 2005). De même, la disponibilité et la composition de ces bois flottés peuvent être fonction des changements dans la direction générale des flux océaniques qui ont eu lieu au cours du temps (Giddings, 1941 ; Eurola, 1971 ; Blake, 1975 ; Dyke et Morris, 1990 ; Eggertsson, 1994a ; Dyke *et al.*, 1997 ; Johansen, 1999 ; Dyke et Savelle, 2000). A titre d'exemple, les travaux de Dyke *et al.*, (1997) ou de Dyke et Savelle (2000) montrent que la composition et la quantité des bois flottés datés de différentes époques de l'Holocène dans l'archipel arctique canadien ont varié au cours du temps, supposant alors des changements dans le trajet et la puissance du courant transpolaire.

Dans ce contexte, d'autres questions se sont alors posées concernant les ressources ligneuses sur la côte ouest du Nunavik où les recherches concernant cette thématique n'avaient encore jamais été abordées : 1) Quelles sont les espèces des bois flottés échoués sur les plages actuelles de Nunavik ? 2) Quelles sont les espèces des bois découverts dans les sites archéologiques de la région ? 3) D'où provenaient les bois trouvés sur les plages actuelles et dans les sites archéologiques ? 3) Quels étaient les modes de collecte, d'exploitation et d'utilisation des ressources ligneuses dans la région ? 4) Pouvait-on différencier chimiquement un bois flotté d'un bois non flotté pour en déduire l'origine des bois archéologiques ?

#### **4. OBJECTIFS**

##### **4.1 Objectif général**

L'objectif général de ce projet est d'établir les caractéristiques (composition, origine, etc.) des ressources ligneuses actuelles et passées récoltées sur la côte ouest du Nunavik tout en documentant l'état des connaissances sur leur collecte et leur exploitation par les Paléoesquimaux et les Néoesquimaux de la région.



## **4.2 Objectifs spécifiques**

Pour atteindre ce but, les objectifs visés étaient :

- 1) D'étudier les bois flottés actuels dans les quatre régions d'études en cherchant à :
  - déterminer la composition (volumes, caractéristiques morphologiques) des amas de bois trouvés sur les plages,
  - identifier le genre et l'espèce de ces bois flottés grâce à des analyses xylologiques,
  - chercher leur origine en étudiant les cernes de croissance et en comparant les courbes dendrochronologiques des plus vieux bois flottés actuels et archéologiques avec des séries de référence des régions constituant des sources potentielles (côte sud-est de la baie d'Hudson et de la baie de James...).
  
- 2) D'étudier les charbons et bois trouvés dans les sites archéologiques en :
  - identifiant les espèces par des analyses anthracologiques et xylologiques afin de savoir si la composition des ressources ligneuses dans les sites archéologiques est la même que dans les amas côtiers actuels,
  - étudiant leurs caractéristiques morphologiques (présence de moëlle, écorce) et la courbure des cernes de croissance (faible, modérée, forte) des ressources ligneuses pour en déduire leur calibre initial,
  - analysant les largeurs moyennes des cernes de croissance et en effectuant des analyses dendrochronologiques sur les bois comptant de nombreux cernes pour en déduire leurs conditions de croissance et leur origine.
  
- 3) D'allier ces travaux scientifiques aux savoirs des Aînés Inuits dans le but de :
  - documenter les connaissances actuelles et passées sur le vocabulaire, la composition, la disponibilité et la collecte des arbustes et des bois flottés retrouvés sur les plages,
  - connaître leurs perceptions concernant l'origine des bois flottés et archéologiques,
  - d'en apprendre davantage sur l'exploitation traditionnelle des ressources ligneuses de la région.
  
- 4) De déterminer grâce à des analyses géochimiques s'il existe une différence entre un bois flotté et un bois resté au sec afin de répondre à des questions plus spécifiques des Aînés et chercheurs concernant le mode de collecte des larges morceaux de bois trouvés dans certains sites archéologiques de la région.

## 5. MÉTHODOLOGIE

Chacun des quatre objectifs généraux a fait l'objet d'un chapitre qui possède sa propre méthodologie. Les paragraphes ci-dessous détaillent le matériel utilisé, les méthodes appliquées dans chaque domaine ainsi que quelques concepts théoriques.

### ***5.1 Prélèvement et analyse des ressources ligneuses actuelles et archéologiques sur la côte ouest du Nunavik (Chapitres 1 et 2)***

#### 5.1.1 - Collecte des bois flottés et ressources ligneuses archéologiques

Le protocole de recherche utilisé sur le terrain pour établir un référentiel des bois flottés actuels sur la côte ouest du Nunavik, consistait à chercher, regrouper, photographier, décrire (état de conservation), mesurer (longueur, diamètre, circonférence) et échantillonner les bois flottés trouvés sur les plages aux alentours des quatre villages étudiés (Figure 19 a, b, c et d). Au total, 1572 bois ont été mesurés dont 1057 collectés. La longueur et le diamètre ainsi qu'une description des bois échantillonnés (présence ou non d'écorce, traces anthropiques ou animal) ont été notés, et la localisation et des photos de chaque site ont également été prises.



Figure 19 : Collectes (a), mesures (b) et prélèvements des bois flottés à l'aide d'une sciote et scie à chaîne mécanique dans les alentours d'Inukjuak (c) et d'Umiujaq (d)

Un total de 293 bois, 550 charbons et 11 artéfacts en bois ont été prélevés par les archéologues de l'Institut culturel Avataq au cours des campagnes de 2007, 2008, 2010 et 2011 dans les sites archéologiques paléoesquimaux et néoesquimaux KdFr-3, KcFs-2 à Ivujivik, JeGn-2 à Akulivik, IbGk-3 à Inukjuak et HaGb-3-9, HaGd-4-7-24-30 et HaGe-12 à Umiujaq (Figure 20).



Figure 20 : Exemples de : a) et b) charbons et éventuelle préhampe de harpon au site JeGn-2 (Akulivik), c) fragments de larges bois dans le site IbGk-3 (Inukjuak) et d) bol au site HaGe-12 (Umiujaq) (P. Desrosiers, 2011, 2008, 2007)

Dans la région d'Ivujivik, 314 bois flottés ont été mesurés, décrits et récoltés au cours des campagnes d'été 2008 et 2010. Parmi eux, 72 bois ont été collectés sur les plages de certaines baies situées au sud de l'île Digges ouest et 242 bois sur les plages des trois îles Nuvuk (83 sur NK1, 44 sur NK2 et 115 sur NK3). Aucun bois n'a été trouvé aux alentours du village. De plus, 191 bois archéologiques (dont 71% carbonisés) dans le site KcFs-2 sur l'île NK-3 et 4 charbons dans le site KdFr-3 sur l'île Digges ouest ont été récoltés au cours des fouilles archéologiques de 2008 et 2009 (Figure 5).

Dans la région d'Akulivik, 136 bois flottés ont été mesurés, décrits et prélevés en 2011 dont 129 sur l'île Smith et 7 autour du village. De plus, 299 ressources ligneuses archéologiques dont 57% de bois, 40% de charbons et 3% d'artéfacts ont été prélevés dans le site archéologique JeGn-2 sur l'île Smith au cours des campagnes de terrain de 2010 et 2011 (Figure 8).

Dans la région d'Inukjuak, 866 bois flottés ont été étudiés dans la région d'Inukjuak au cours de la campagne de 2010 incluant 72 bois mesurés et prélevés sur les plages des baies situées près du village, 226 bois mesurés et prélevés aux abords de la rivière Kongut, et 568 bois étudiés sur l'île Drayton (dont 46 échantillonnés en 2008 et 522 mesurés dont 7 collectés en 2010). Finalement, 288 ressources ligneuses archéologiques dont 77 % de charbons et 23% de bois ont été collectées dans le site archéologique IbGk-3 de l'île Drayton au cours des fouilles de 2007 et 2008 (Figure 11).

Dans la région d'Umiujaq, autour du lac Guillaume-Delisle et sur l'île Bélanger avoisinante, 256 troncs d'arbres flottés ont été décrits, mesurés et échantillonnés avec une tronçonneuse. Parmi les sections transversales de bois collectés, 14 ont été prélevées autour du village, 86 sur la rive droite à l'embouchure de la rivière à l'Eau-Claire, 45 sur l'île Cairn, 39 dans le complexe du Golfe Hasard dans la vallée du Goulet et 72 sur l'île Bélanger (Figure 6d). Au sud de l'île Bélanger, les bois flottés étant trop nombreux, une première baie a été prospectée en la divisant en deux zones (A et B). S'agissant de véritables entassements de milliers de bois de toutes dimensions, un échantillonnage a été réalisé selon quatre catégories de diamètre (0-3 cm, 3-6 cm, 6-9 cm et supérieur à 9 cm), dans ces deux zones (10 dans la zone A et 15 dans la zone B). Parmi les milliers de bois de toutes tailles trouvés dans ces deux zones, 200 bois possédaient un diamètre supérieur à 9 cm. De même, 9 échantillons ont été prélevés sur une plage d'une deuxième baie située à 1 km plus à l'ouest de la première baie. Enfin, 38 bois flottés ont été mesurés et échantillonnés sur une plage d'une troisième baie de l'île Bélanger située en face du « Goulet », soit 75% des bois de cette baie au moment de notre visite. Enfin, 70 échantillons de charbons de bois ont été prélevés dans les sites archéologiques HaGb-3 et 9 sites sur l'île Cairn et les sites HaGd-4, 7, 24 et 30 dans la vallée de Gulf Hazard et un bol traditionnel a également été trouvé dans le site HaGe-12 (Figure 14).

### 5.1.2 - Analyse des bois et charbons de bois

#### a) Analyses xylologiques et anthracologiques

Afin d'établir les caractéristiques des ressources ligneuses collectées dans les environs des quatre villages, tous les bois et charbons de bois ont été identifiés en analysant leur structure anatomique sous microscope à éclairage réfléchi selon trois coupes transversales, radiales et tangentielles (Figure 21) (Marguerie *et al.*, 2000). Les identifications au niveau du genre ou de l'espèce botanique ont essentiellement été réalisées à partir des clés d'identification de Panshin et de Zeeuw (1980), Hoadley (1990), Schweingruber (1990), Talon (1997), Benkova et Schwein (2004), Richter *et al.*, (2004) et grâce aux collections de référence du laboratoire de paléoécologie du Centre d'études nordiques de l'Université Laval et du laboratoire Archéosciences du CReAAH à l'Université de Rennes 1 (Annexes 1 et 2). La délicate distinction entre l'épinette (*Picea mariana* et *Picea glauca*) et le mélèze laricin (*Larix laricina*) a été réalisée lorsqu'elle était possible à partir des critères d'identification énoncés dans les travaux de Bartholin (1979), Talon (1997) et Marguerie *et al.* (2000).

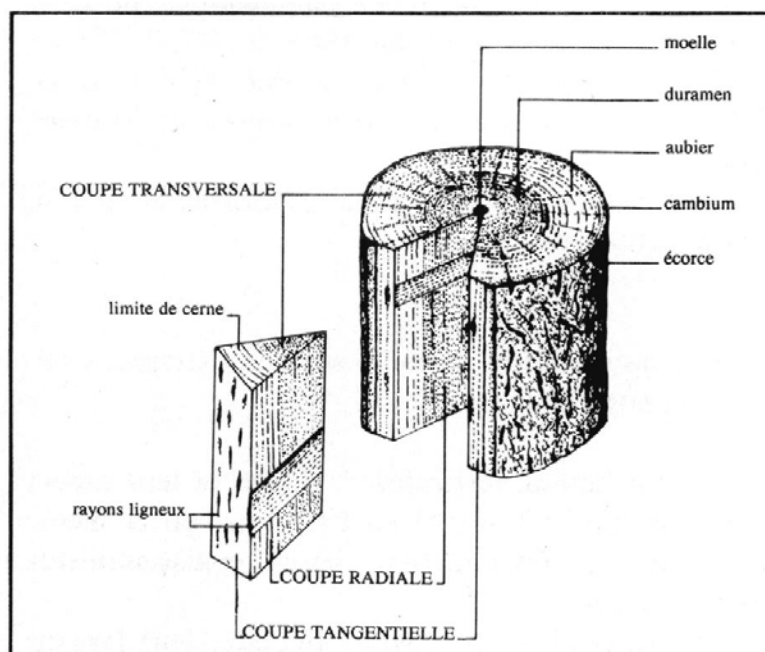


Figure 21 : Identification des bois selon trois coupes anatomiques : transversale, radiale et tangentielle (Marguerie, 1993)



*b) Évaluation de l'état morphologique et du volume des ressources ligneuses*

Pour les bois flottés actuels étudiés dans chaque village, la présence ou non d'écorce, du système racinaire, de travail d'origine humaine ou de dégradation d'origine animale (castors, mollusques marins...) a été relevée.

Leur diamètre et longueur ayant également été notés, le volume de ces bois a été calculé en utilisant l'équation :  $V = 3.14 \times R^2 \times H$

R est le rayon et H est la hauteur ou la longueur du bois.

Pour les charbons et morceaux de bois trouvés dans les sites archéologiques, la présence ou non de la moëlle et des derniers cernes de croissance a été relevée ainsi que la courbure des cernes de croissance (faible, modérée, forte) pour évaluer le calibre de ces ressources ligneuses et l'origine de ces fragments dans l'arbre : petites ou grosses branches, troncs (Marguerie et Hunot, 2007).

*c) Analyses des cernes de croissance*

Pour tous les échantillons de bois flottés présentant un rayon complet, les cernes de croissance ont été comptés pour déterminer leur âge. De plus, le dernier anneau de croissance a été observé sous une loupe binoculaire sur 53 bois entiers (avec écorce) pour déterminer le stade de croissance des dernières cellules externes : 1) bois initial (trachéides plus larges et couleur plus claire), 2) entre le bois initial et le bois final, 3) bois final (plus foncé, cellules plus petites, plus denses) (Panshin et de Zeeuw, 1980). Le bois initial se formant au début de la période de croissance de l'arbre (printemps) et le bois final à la fin de la période de croissance (avant l'hiver), ces observations de la largeur des dernières cellules dans le dernier cerne des bois flottés peuvent ainsi renseigner sur la saison de mort des arbres.

Enfin, la largeur moyenne des cernes de croissance a été calculée en divisant le nombre de cernes comptés par la largeur des cernes mesurés avec un pied à coulisse pour tous les bois actuels, archéologiques et les charbons de bois présentant des cernes de croissance visibles et sur des parties sans bois de réaction. Des histogrammes par classe de 0,5 mm ont été utilisés pour représenter ces mesures pour chaque taxon à partir du logiciel « Anthraco » (Marguerie et Hunot, 2007) afin de fournir des informations sur les conditions de croissance de ces bois et d'en déduire des éventuelles origines communes.

### **Court rappel sur le principe de la dendrochronologie**

La largeur des cernes annuels de croissance est influencée, selon l'espèce, par des facteurs abiotiques (sol, altitude, exposition, ensoleillement, topographie, disponibilité en nutriments) et des facteurs biotiques variables au cours de la vie de l'arbre (âge, concurrence inter-individuelle et inter-spécifique, attaques de ravageurs, interventions humaines) (Venet, 1986). Les arbres enregistrent ainsi de précieux témoignages dans leur bois qu'il est possible d'utiliser pour les dater et déterminer leurs conditions de croissance.

La dendrochronologie est une méthode basée sur l'observation et l'étude des cernes de croissance des arbres. Elle permet de reconstituer les changements climatiques et environnementaux, d'obtenir des datations précises de pièces de bois mais aussi de localiser la provenance de ces bois. Dans ce dernier cas, cette méthode demande l'existence de séquences de référence pour la multitude des lieux d'origines possibles (Giddings, 1953). Une séquence de référence est établie en comptant et analysant, après coupes ou carottages, les cernes d'arbres vivants (> 20 arbres) d'une même espèce ayant grandi dans une même localité. Ces cernes révèlent généralement un « patron » commun. Il peut alors être possible de comparer les « patrons » des cernes des bois flottés ou archéologiques de la même espèce ou genre pour en déduire si ces derniers proviennent ou pas du secteur étudié et leur datation. La dendrochronologie a déjà fourni ses preuves dans la détermination de l'origine des bois dans de nombreuses études comme par exemple celles de Van Stone (1958), Jansma (1992), Groves (2000), Alix (2008), etc.

### **Méthodologie de datation et de détermination de l'origine des bois flottés et archéologiques dans le cadre de la thèse**

L'étude dendrochronologique peut permettre de distinguer des « patrons » de croissance communs aux arbres d'une même localité. La mesure de la largeur des cernes des bois flottés et archéologiques et leur comparaison avec certaines séries de référence existantes peut donc constituer une méthode intéressante pour déterminer leur datation et leur provenance.

## **Préparation des échantillons**

Parmi les bois actuels collectés, 96 échantillons (17 de Ivujivik, 21 de Akulivik, 27 de Inukjuak, 31 de Umiujaq) ont été sélectionnés pour tenter de trouver leur origine et leur période de vie au travers des analyses dendrochronologiques. Cette sélection n'a pas été réalisée en fonction du diamètre des échantillons mais en fonction des critères suivants :

- bois provenant d'un tronc ou d'une branche et non d'une racine,
- bois possédant un nombre de cernes significatif supérieur à 60, sauf pour les bois archéologiques (sachant que conventionnellement seules les interdatations effectuées sur des séries de plus de 100 cernes peuvent être considérées comme statistiquement valables),
- bois permettant des mesures sur un ou deux rayons opposés, sans bois de réaction
- bois avec moëlle et cambium voire écorce (premier et dernier cernes présents),
- bois identifiés selon les critères macroscopiques et microscopiques.

Pour les bois archéologiques, étant donné l'état de décomposition parfois avancé de ces derniers, seuls quatre larges bois ayant le plus de cernes visibles et datés par radiocarbone ont pu être interdatés avec des séries de référence.

Les tranches de bois ont alors été séchées et poncées à l'aide de différents papiers abrasifs du plus grossier au plus fin (80 à 320 grains par unité de surface) afin de pouvoir observer correctement les limites de cernes (Yamaguchi et Brunstein, 1991) (Figure 22). Des points de repères ont ensuite été notés sur les coupes de bois en repérant et comptant les limites de cernes à l'aide d'une loupe binoculaire à un grossissement de 40x selon un code universel.

Les mesures de largeur des cernes ont été effectuées sur un ou deux rayons opposés à l'aide d'un micromètre électronique Lintab (Université de Rennes 1) ou de type Velmex (Université Laval) à un grossissement de 40x relié à un ordinateur (Figure 23). Les courbes dendrochronologiques des valeurs mesurées ont alors été tracées à partir du logiciel Dendro 2009 (CEN, Université Laval).





Figure 22 : Ponçage d'un bois flotté des cernes diagnostiques



Figure 23 : Mesures des cernes de croissance au micromètre et détection

Les courbes des valeurs mesurées de chacun des échantillons ont ensuite été standardisées à partir de ce même logiciel (Dendro, 2009) en utilisant une spline cubique dans le but d'atténuer les variations à long terme de la croissance radiale (par exemple, la diminution de la croissance radiale avec l'âge) et de mettre en évidence les variations inter-annuelles (Fritts, 1976). La longueur de la spline cubique a été ajustée pour chaque échantillon. Elle représente 66% de la longueur de chacune des séries. Ce pourcentage permet de conserver le maximum de fluctuations des largeurs de cernes (Cook, 1985 ; Cook *et al.*, 1990). Les valeurs ont ensuite été exprimées en indices de croissance (valeurs de la série/valeurs de la spline), afin de faciliter la comparaison avec la série de référence appropriée.

La détermination de l'origine et la datation des pièces de bois ont été tentées par similarité des courbes moyennes indicées des échantillons avec les séries de références d'épinette et de mélèze existantes provenant des rives au sud-est de la baie d'Hudson et de la baie de James (tableau 3). Les tests de corrélation ( $r$  de Pearson et  $t$  de Student) et tests de similarité (Gleichlaufigkeit) ont alors été relevés pour chaque échantillon testé (Annexe 3).

Tableau 3 : Séries de référence testées issues des régions situées au sud des aires d'étude, sur la côte ouest du Nunavik

Species	Site	Localisation	Time span	Reference (author)
<i>Picea glauca</i> (white spruce)	Goulet	56°32'N-76°23'W	1669-2002	Caccianiga et Payette, 2006
<i>Picea glauca</i> (white spruce)	Guillaume-Delisle	?	1628-1982	Jacoby, unpublished
<i>Picea glauca</i> (white spruce)	Bélanger island (EB9)	56°09'N-76°44'W	1669-2002	Caccianiga et Payette, 2006
<i>Picea glauca</i> (white spruce)	Oxyriale	55°17'N-77°48'W	1685-2002	Caccianiga, Payette et Fillion, 2008
<i>Picea glauca</i> (white spruce)	Sibbaldiale		1653-2002	Caccianiga, Payette et Fillion, 2008
<i>Picea glauca</i> (white spruce)	Trientale		1675-2002	Caccianiga, Payette et Fillion, 2008
<i>Picea mariana</i> (black spruce)	Boniface river	57°42'N-75°57'W	694-1460	Arseneault, unpublished
<i>Picea mariana</i> (black spruce)			1415-1986	Bégin, unpublished
<i>Picea mariana</i> (black spruce)	Grande Rivière (GR1)	53°43'N-78°01'W	1803-1993	Bégin et Nicault, unpublished
<i>Picea mariana</i> (black spruce)	Radisson Ouest (GR3)		1776-1993	Bégin et Nicault, unpublished
<i>Picea mariana</i> (black spruce)	Duncan		1684-1995	Bégin et Nicault, unpublished
<i>Larix laricina</i> (tamarack)	Rivière aux feuilles	57°48'N-73°14'W	1690-1992	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
<i>Larix laricina</i> (tamarack)	Boniface river	57°42'N-75°57'W	1725-1992	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
<i>Larix laricina</i> (tamarack)	Inuk	57°33'N-75°02'W	1796-1992	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
<i>Larix laricina</i> (tamarack)	Richmond Gulf	56°32'N-76°23'W	1810-1993	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
<i>Larix laricina</i> (tamarack)	Kuujuarapik	55°17'N-77°48'W	1710-1987	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
<i>Larix laricina</i> (tamarack)	La Grande	53°43'N-78°01'W	1836-1993	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
<i>Larix laricina</i> (tamarack)	LG2-A		1843-2004	Yann Arlen-Pouliot, unpublished

### Datation au C<sup>14</sup> et étude des cernes diagnostiques

Dans le but d'aider aux interdatations, un relevé des cernes diagnostiques et des datations au C<sup>14</sup> ont également été effectués.

Les datations au C<sup>14</sup> ont été réalisées uniquement sur les dix plus larges bois archéologiques présentant le plus grand nombre de cernes visibles (trois du site JeGn-2 site sur l'île Smith, près d'Akulivik et sept du site IbGk-3 sur l'île Drayton à Inukjuak). Ces datations ont été calibrées à l'aide du logiciel CALIB (Stuiver *et al.*, 1993) (Annexe 4).

Parmi les cernes diagnostiques, on retrouve les cernes de gel (caractérisés par une ou plusieurs rangées de cellules désorganisées), les cernes absents ou incomplets (exemple, chez le mélèze où cela est souvent dû à des défoliations importantes par des insectes), des faux cernes (caractérisés par un dépôt de quelques couches de cellules à parois cellulaires plus épaisses imitant la formation de bois final lors d'une courte période de croissance défavorable pendant la saison de croissance) ou encore et surtout des cernes pâles (caractérisés par un bois final peu développé et donc moins dense). Les cernes pâles se révélant être d'excellents marqueurs chronologiques pour l'interdatation, ce

sont principalement ces derniers qui ont été relevés. Leur origine peut être biotique (épidémies d'insectes défoliateurs) comme les cernes absents, ou climatique (conditions thermiques plus sèches et température plus froide que la normale selon l'espèce). Notons aussi qu'au Québec, plus des 2/3 des cernes pâles subarctiques sont associés à des éruptions volcaniques majeures (Filion *et al.*, 1986). Une côte est généralement attribuée pour différencier visuellement ces cernes pâles (1 : un peu pâle ; 2-3 : moyennement pâle ; 4 : très pâle).

### **5.2 Connaissances et perceptions des Inuit concernant la disponibilité et l'exploitation des ressources en bois sur la côte ouest du Nunavik (Chapitre 3)**

Dans le cadre de cette thèse, les données scientifiques obtenues dans les chapitres précédents ont été confrontées aux savoirs des habitants sur le sujet grâce à des entrevues semi-dirigées avec les Aînés des villages d'Ivujivik, d'Akulivik, d'Inukjuak et d'Umiujaq.

#### **5.2.1 - Enjeux de l'intégration des savoirs autochtones**

Dans la plupart des cultures, les jeunes sont dorénavant éduqués dans les écoles et la tradition d'enseignement à l'oral par les Aînés a tendance à disparaître. Pourtant, ces derniers possèdent des connaissances précieuses sur certains sujets non abordés dans les livres scolaires. Les savoirs autochtones représentent en effet une expérience acquise durant des centaines d'années de contacts directs entre un groupe culturel et l'environnement où il évolue. La retranscription de ces connaissances dans leur contexte s'avère alors un enjeu important à intégrer dans le système de connaissance universitaire. Ces savoirs autochtones permettent d'approfondir et vérifier la pertinence de certaines données obtenues par des moyens de recherches scientifiques plus abstraites. Contrairement aux savoirs scientifiques qui se veulent objectifs, les savoirs traditionnels ne séparent pas les concepts « nature » et « culture » puisque l'aspect écologique ne peut être dissocié des aspects sociaux et spirituels (Cruikshank, 2001). Ces savoirs traditionnels permettent ainsi de connaître la perception des participants quant aux thèmes abordés au travers leur histoire de vie et légendes. Le savoir traditionnel doit donc être considéré comme un savoir unique qui possède ses propres aspects et processus de validation (Stevenson, 2010).

### 5.2.2 - Type de recherche qualitative utilisé

Il n'existe pas de définition universelle pour qualifier l'entretien de recherche qualitatif (Becker et Geer, 1972 ; Cannel, 1974 ; Grawitz, 1986 ; Legendre, 1992). Les auteurs s'entendent néanmoins pour dire qu'il s'agit d'une méthode de collecte d'informations qui se situe dans une relation de face à face entre l'interviewer et l'interviewé et qui est destiné à recueillir des données utiles à la bonne conduite de la recherche entreprise (Boutin, 1997). Kvale (1983) en donne une définition typologique qui semble satisfaire bon nombre d'auteurs à savoir : « Sur le plan technique, l'entretien de recherche qualitatif est souvent semi-structuré, il ne désigne ni une conversation libre, ni un questionnaire très structuré ».

Dans le cadre de cette thèse, le terme « entretien de recherche qualitatif » a été employé pour désigner les entretiens « semi-structurés » ou « semi-dirigés ». Savoie-Zack (1997) parle également d'entrevues « mitigées » et d'entrevues « non directives contrôlées ». Les modalités pour ce type d'entretien descriptif accordaient un degré de liberté au répondant assez important tout en le guidant à centrer ses réponses sur des différents thèmes à travers plusieurs questions pré-établies. Le comportement verbal ou non-verbal de la personne interrogée pouvait être noté. De plus, le participant avait également la possibilité de développer des points qui n'auraient pas été abordés en préparant l'entretien et ses réponses demeurent à la fois relativement spontanées, très spécifiques et concrètes, révélatrices et personnelles (Selltiz *et al.*, 1977).

### 5.2.3 - Préparation des entretiens

#### a) *Accords éthiques préalables*

Au Canada, toute recherche menée avec des personnes et pour laquelle celles-ci doivent être approchées directement incluant des entrevues ou un accès à des renseignements de nature personnelle, nécessite l'application de principes éthiques (Selltiz *et al.*, 1977 ; Boutin, 1997 ; Institut de recherche en santé du Canada, 1998 ; Association universitaire canadienne d'études nordiques, 2003 ; Assemblée des Premières Nations du Québec et du Labrador, 2005). Dans le cadre de ce projet et afin de mener cette recherche dans un climat d'acceptation et de compréhension, les accords de l'Institut culturel Avataq, des

communautés concernées (villages d'Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq) ainsi que du Comité plurifacultaire d'éthique de la recherche de l'Université Laval (Annexe 5) ont dû préalablement être obtenus. Ces accords ont nécessité l'évaluation du projet de recherche et l'élaboration de plusieurs documents formels à savoir :

- Une demande d'approbation (Projet étudiant-VRR-102) comportant les informations d'ordre scientifique (coordonnées des chercheurs, problématique, description des objectifs, hypothèses et questions de recherche, lieux, méthodologie, instruments de mesure et d'évaluation), d'ordre méthodologique (récolte de données, divulgation partielle, nombre de participants, critères de sélection des participants, modalités de recrutement, période de recrutement), ainsi que les considérations d'ordre éthique (mode de présentation du projet de recherche, protection et conséquences pour le participant avec leurs risques, inconvénients et bénéfices escomptés, consentement écrit ou verbal des participants, confidentialité et protection des données à caractère personnel, divulgation des données, types de compensation prévues pour les participants et retombées du projet)
- Un communiqué pour le recrutement, détaillant les dates de séjour dans le village, le titre de la recherche, les chercheurs concernés et leurs coordonnées, les thèmes abordés au cours de l'entrevue semi-dirigée et les profils recherchés pour cette étude (Aînés) (Annexe 6).
- Des lettres aux mairies (Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq) avec le titre et les principaux objectifs de la recherche, les dates de séjours dans les villages, les compensations financières pour les participants et l'adresse où les données pourront être consultées (Annexe 7).
- Un formulaire de confidentialité des données signé par les chercheurs de l'étude (Annexe 8).

- Un formulaire de consentement à faire signer par les participants, précisant le titre, une courte présentation du sujet de recherche, son but, les procédures de l'entrevue, les risques et les bénéfices (compensation financière), la libre participation et les possibilités de désistement à tout moment, la confidentialité et la conservation des informations recueillies, les adresses des chercheurs, les remerciements, les conditions de participation (confidentialité, accords pour les enregistrements audiovisuels) et l'adresse à joindre pour toute plainte ou critique concernant l'étude (Annexe 9).
- Un guide d'entretien constitué de questions réparties en thèmes précis et utilisé sur le terrain dans le but d'uniformiser les entrevues et d'aborder tous les sujets souhaités (Annexe 10).

Par la mise en place de ces documents, les participants étaient pleinement informés de la nature et des objectifs du projet de recherche ainsi que de l'importance et de la nature de leur participation. Dans tous les cas et à n'importe quel moment, les participants demeurent les propriétaires légitimes de leurs connaissances (Stevenson, 2010). Ainsi, les relations de recherche ne sont pas de nature exploitante mais sont développées et nourries dans l'intérêt des communautés universitaires et autochtones (IRSC 2007 ; Inuit Tapiriit Kanatami et Nunavut Research Institute, 2007).

#### *b) Élaboration du guide d'entretien*

S'agissant d'entrevues semi-structurées, il était nécessaire d'établir au préalable un guide d'entretien constitué de différents thèmes afin de s'assurer que tous les aspects pertinents soient abordés et traités avec les différents participants et d'obtenir ainsi une uniformité des informations. Ainsi, le guide d'entretien utilisé dans le cadre de cette recherche comprenait une vingtaine de questions réparties en trois thèmes : 1) Les changements environnementaux et leurs impacts sur la disponibilité du bois, 2) L'origine des bois collectés sur les plages et les sites archéologiques, 3) L'utilisation du bois au Nunavik. Certaines questions étaient associées à des cartes ou des schémas préparés à l'avance afin de remplacer les explications verbales, raviver les souvenirs ou expliciter les demandes et attentes (Selltiz *et al.*, 1977) (Annexe 10 et 11). Ce guide

permettait aussi de respecter le temps prévu pour la tenue des entretiens, à savoir environ une heure, afin de travailler dans un climat positif, constructif, en évitant la fatigue, la nervosité ou le manque de clarté.

### *c) Méthodes de recrutement*

Le recrutement des interprètes et des participants s'est effectué une fois arrivée dans les villages, après s'être présentée aux responsables de la mairie. Plusieurs méthodes ont alors été utilisées à savoir : le communiqué pour le recrutement (Annexe 6), des appels lancés à la radio local, le « bouche à oreille » ou la technique « boule de neige » qui consiste à se faire référer de nouveaux répondants (Aînés, personnes ayant des connaissances sur le bois, ou interprètes si nécessaire) par les premiers répondants.

#### *Recrutement des interprètes*

Huit interprètes ont été recrutés pour réaliser cette étude dont deux à Ivujivik, trois à Akulivik, deux à Inukjuak et un à Umiujaq.

A cet effet, un contrat fourni par l'Institut culturel Avataq accompagné d'un emploi du temps précisant leurs heures de travail ont été signés par chacun d'entre eux (Annexe 12)

Les interprétations des entrevues ont été effectuées en français lorsque l'interprète était trilingue (français, anglais, inuktitut) ou en anglais.

#### *Recrutement des participants*

Pour ce projet, seuls les Aînés ou adultes ayant des connaissances sur le sujet ont été interviewés en essayant d'équilibrer au maximum le nombre d'hommes et de femmes interrogés dans chaque village. Au total, 27 Aînés ont accepté d'être interviewés dont 15 hommes âgés entre 60 et 85 ans et 12 femmes âgées entre 62 et 89 ans (Tableau 4).

Tableau 4 : Identification des participants

Village	Participants	Sexe	Age	Temps passé au village	N°
Ivujivik	Mattiusi Iyaituk	M	60	depuis 55 ans (avant près d'Akulivik)	1
	Uniurtitak Ainalik	M	76	depuis toujours	2
	Peter Audlaluk	M	70	depuis 1947 (avant à Salluit)	3
	Piita Kristensen	F	79	depuis 1983 (avant à Happy Valley, au Labrador)	4
	Sarah Iyaituk	F	65	depuis 1954 (née à Iyaituid : entre Akulivik et Ivujivik)	5
	Mary Ainalik	F	73	depuis 40 ans (avant à Salluit)	6
Akulivik	Lucassie Alayco	M	69	depuis tout petit (né nomade aux alentours)	7
	Simon Makimak	M	72	depuis toujours, Puvurnituk de 1953 à 1973 (né au sud de l'île Smith)	8
	Alasuak Alayco	M	77	depuis enfant (né entre Ivujivik et Salluit)	9
	Minnie Amamatuak	F	74	depuis 1975 (avant à Puvurnituk)	10
	Maggie Aliqu	F	80	depuis toujours, au village depuis 1974 (née à Cape Smith, sur l'île)	11
	Lydia Qumak	F	62	depuis 1993 (avant à Inukjuak)	12
Inukjuak	Qautsiaq Weetaluktuk	M	73	depuis toujours (né sur le continent en face de l'île Drayton)	13
	Daniellie Inukpuk	M	69	depuis toujours	14
	Adamie Niviaxie	M	85	depuis 1960 (né plus au sud, parents de Kuujjuarapik)	15
	Aibillie Echalook	M	70	depuis toujours, au village depuis 1965 (né plus au nord)	16
	Simeonie Eljassiapik	M	63	depuis toujours (né au nord d'Inukjuak)	17
	Elisapi Inukpuk	F	73	depuis toujours (née entre Inukjuak et Puvurnituk)	18
	Lucy Weetaluktuk	F	89	depuis toujours	19
	Elisapi Weetaluktuk	F	65	depuis toujours	20
	Nellie Nastapoka	F	77	depuis toujours	21
Umiujaq	Willie Kumarluk	M	67	depuis 24 ans, école à Kuujjuarapik (né au lac GD)	22
	Jack Anowak	M	80	depuis création du village (1984-85) (avant à Kuujjuarapik)	23
	Jobie Crow	M	67	depuis création du village, école à Kuujjuarapik (né au lac GD :Goulet)	24
	Joshua Sala	M	74	depuis création du village, école à Kuujjuarapik (né au lac GD)	25
	Annie Cookie	F	68	depuis toujours (née à Qingarluk dans la vallée du goulet)	26
	Alice Tooktoo	F	64	depuis 25 ans (avant à Kuujjuarapik)	27



#### 5.2.4 - Déroulement des entretiens

##### *a) Lieu et moment de l'entrevue*

Le lieu et le moment de l'entrevue ont été choisis à la convenance des participants après un premier contact téléphonique ou en personne. La plupart des interviews ont ainsi eu lieu dans leur maison (Fig. 24a), mais quelques-unes se sont déroulées à leur demande à l'extérieur (Fig. 24b) ou dans un local approprié (mairie, logement loué par l'équipe de recherche).

Malgré quelques petits désagréments pour les enregistrements (interruptions ou bruits des autres membres de la famille, vent etc.), ces choix du lieu et moment de l'entretien de recherche leur ont permis d'être plus vite en confiance et de pouvoir préparer et montrer de manière concrète des supports visuels ou des objets qu'ils possédaient (bois, photos, cartes) pour argumenter leurs réponses (Figure 25).



Figure 24 : Entrevues à Inukjuak avec a) Aibilie Echalook dans sa maison et b) Elisapi Weetaluktuk sur la plage

##### *b) Présentation du projet, signature du formulaire de consentement et enregistrement*

Une courte présentation et un exposé des objectifs de recherche a d'abord été énoncé dès le début de l'entretien (Annexe 6) afin de créer une atmosphère propice à l'échange et de rassurer les personnes interviewées qui peuvent présenter quelques réserves au moment de la rencontre (Berent, 1966 ; Daunais, 1984). Le formulaire de consentement a ensuite été lu en inuktitut par l'interprète afin d'obtenir les signatures requises par les répondants et savoir s'ils étaient consentants ou non aux enregistrements audio et/ou vidéo (Annexe 9). Le cas échéant, des enregistrements audio et/ou vidéo ont pu être mis en place afin de retranscrire le maximum d'informations. Cette pratique comportait le grand avantage de ré-entendre et/ou voir à volonté les divers passages de l'entrevue et

de procéder à une analyse approfondie ultérieure des données recueillies. Dans le cadre de cette étude, les appareils audiovisuels préparés et utilisés correspondaient à un petit enregistreur numérique « Philips DVT-600 » et une caméra numérique « Sony DCR-SR68 ». Des notes ont également été prises au cours de chacune des entrevues afin d'analyser plus finement des comportements non verbaux lorsque la vidéo n'était pas présente ou résumer certaines informations. Ces prises de notes étaient également indispensables en cas de panne ou problème inopiné avec les appareils d'enregistrements (Boutin, 1997).

### *c) L'entretien et ses limites*

Dans le cas de l'entretien en profondeur ou semi-structuré, poser une question ouverte peut être une excellente façon de commencer (Boutin, 1997). Néanmoins, la question ouverte peut aussi, dans certains cas, troubler l'interviewé. C'est en l'occurrence ce qui est arrivé dans le cadre de cette étude où plusieurs répondants étaient quelque peu embarrassés par la première question : « Do you have something to say about the availability of wood and driftwood in the region? ». Cette question a alors été volontairement omise dans les entrevues qui ont suivi, débutant alors directement par la liste de questions plus précises.

La clé de la méthodologie de l'entretien s'est ensuite reposée sur la technique d'une écoute « active » sans jugement et un reflet de compréhension sur ce que le participant communiquait. Les silences, pauses, arrêts étaient parfaitement tolérés lors de l'entretien afin de laisser le temps de réflexion nécessaire aux participants, de préserver un climat de sérénité et d'ouverture (Myers et Myers, 1984). Chaque entrevue était unique et possédait son propre rythme (lent, rapide, saccadé et ponctué de sourires, de rires, besoin de pauses ou d'un deuxième rendez-vous), auquel il a fallu s'adapter en fonction du participant (Chauchat, 1985). De plus, comme le préconisait Patton (1989), les questions n'ont pas forcément été posées dans l'ordre établi sur le guide d'entretien afin d'élaborer une conversation et poser les questions le plus spontanément possible. À titre d'exemple, les participants avaient souvent tendance à aborder l'utilisation du bois en réponse à des questions concernant l'endroit où ils allaient les chercher. Le travail a donc été poursuivi la plupart du temps en ce sens en demandant des clarifications, des détails concrets ou en sollicitant des commentaires pour répondre directement aux questions de la troisième thématique sur l'utilisation du bois.

Aussi, des accessoires visuels ou autres instruments (cartes, photos, images, arbustes) ont été employés au cours de l'entretien pour favoriser la mémoire, ouvrir la discussion ou illustrer plusieurs types de situations de description ardue (Selltiz *et al.*, 1977) (Figure 26). Ces supports matériels se sont avérés bien souvent d'une grande utilité au cours du déroulement des entrevues. La présentation de photos de bois flottés (Annexe 11) n'était en revanche pas suffisante pour savoir si les participants pouvaient reconnaître et nommer différentes espèces de bois. Montrer quelques exemples parmi les bois récoltés au cours des campagnes 2008 et 2010 aurait été une meilleure approche pour approfondir la question. De plus, ce genre de support visuel (photos) pouvait poser quelques problèmes aux personnes âgées dont les capacités visuelles étaient réduites.

#### *d) Renseignements personnels et compensation du participant*

Les questions plus fermées concernant la vie personnelle des participants comme leur date et lieu de naissance ont été volontairement reportées à la fin de l'entrevue afin d'éviter au début la désagréable impression d'être pris au piège ou de bloquer la circularité des échanges (Boutin, 1997). Ces informations personnelles étaient néanmoins importantes pour remettre dans un contexte plus global les informations apportées. En guise de remerciement, une juste compensation monétaire a finalement été remise à chacun des répondants pour leur participation et le temps accordé à ce projet.



Figure 25 : Objets en bois (patin de traîneau, talisman et toupis) présentés par Daniellie Inukpuk dans sa maison à Inukjuak



Figure 26 : Présentation de branches de bouleaux nains et d'une carte de la région à Nellie Nastapoka lors de son entrevue dans sa maison à Inukjuak

## 5.2.5 - Traitements des données qualitatives

### *a) Transcription et limite de la traduction*

L'une des premières tâches a été de retranscrire à l'écrit toutes les réponses apportées par les participants. Cette transformation est souvent longue et fastidieuse et demande une bonne capacité de synthèse (Foddy, 1993). Dans le cadre de cette étude, les discours des participants ont été directement retranscrits de manière ordonnée en regroupant les éléments de réponses directement sous les questions posées appropriées lorsque cela n'était pas le cas. Par choix, il ne s'agissait donc pas d'une retranscription mot à mot des questions/réponses dans l'ordre de l'entrevue mais bien d'une retranscription complète des réponses directement classées dans les thématiques adéquates après chaque entrevue.

Certaines limites à la retranscription des données sont néanmoins à prendre en compte car il est possible que certaines réponses complexes exprimées par les participants n'aient pas été littéralement traduites. En effet, lorsque les réponses des participants étaient trop longues, les interprètes ne pouvaient que résumer l'information. Néanmoins, ces derniers s'étant particulièrement investis et appliqués dans le cadre de cette étude, le risque de perte d'information était limité et ce procédé s'est avéré être en réalité un gain de temps dans la synthèse ultérieure des réponses.

### *b) Analyse et interprétation des données*

Il n'existe pas de modèle d'analyse unique applicable à toutes les réponses conceptualisées (Denzin et Lincoln, 2005). Cependant pour rendre les résultats accessibles, il convenait d'établir des fiches ou tableaux de synthèse de rencontres en procédant entretien par entretien (Huberman et Miles, 1991 ; Blanchet et Gotman, 1992). Cette étude sociale sur le bois flotté a donc été basée sur une analyse thématique en prenant appui sur une démarche transversale de découpage du discours des répondants. La première étape d'analyse consistait à condenser et réduire les données en relevant les passages les plus importants. Les réponses des participants ont ensuite été regroupées par thème tout en relevant les citations les plus pertinentes pour illustrer l'ensemble des idées exprimées. Pour chaque répondant, un numéro a été attribué dans le tableau récapitulatif de l'identification des participants comprenant leur âge, sexe et

le temps passé dans chaque village (Tableau 4). Les réponses complètes de chaque Aîné étant déjà retranscrites par thème, il s'agissait alors de faire ressortir les différents éléments de réponses pour chaque question en notant le numéro des répondants correspondants. Cette façon de procéder présente l'avantage de rendre les données accessibles de manière quantitative (nombre de personnes ayant répondu la même chose).

L'interprétation a finalement été basée sur l'établissement de liens entre les différentes catégories de réponses pour chaque thème en argumentant avec les connaissances déjà répertoriées sur le sujet. Afin de ne pas conduire à une trop grande simplification au détriment d'une complexité plus riche, le tout a été accompagné par les citations des Aînés reflétant au mieux les réponses pour chaque thème de recherche abordée. Le contexte social dans lequel les réponses étaient enracinées a également été pris en compte pour bien en saisir la signification et ne pas en déduire de généralisations abusives (Mishler, 1986).

### ***5.3 Différenciation entre bois flotté et non flotté par des analyses chimiques (Chapitre 4)***

Une des questions principales posées par les Inuit du Nunavik et nous-mêmes concernait le lieu de collecte des gros bois retrouvés sur le site archéologique IbGk-3 sur l'île Drayton (Inukjuak) au cours des fouilles de 2008. Sans aller jusqu'à donner l'origine exacte de ces artefacts, des expériences préliminaires visant à essayer de savoir s'il s'agissait de bois flottés ou de bois coupés plus au sud dans la toundra forestière, ont été réalisées dans le cadre de cette thèse.

Des analyses chimiques consistant à comparer la concentration des différents éléments dans des mêmes bois flottés et non flottés ont donc été effectuées.

#### **5.3.1 - Prélèvements et expérience sur le terrain**

Deux branches de saules âgées de 6 et 10 ans et deux branches d'aulnes âgées de 7 et 11 ans ont été prélevées sur des arbustes vivants aux alentours d'Umiujaq. De même, deux branches d'épinettes âgées de 20 à 30 ans et deux branches de mélèzes âgées de 11 à 15 ans ont été prélevées sur des arbustes vivants aux alentours de Kuujjuarapik. Le choix de ces lieux fut circonstanciel. Chaque branche de 20 à 30 cm de longueur a été coupée en deux. Une partie témoin a été conservée au sec tandis que l'autre a été immergée

pendant une semaine dans la baie d'Hudson autour d'Umiujaq pour les feuillus durant l'été 2011 et dans le détroit d'Hudson autour de Kangiqsujuaq pour les conifères au cours de l'été 2012. Ces emplacements dépendaient du lieu de terrain au cours de ces deux étés et n'ont pas pu être délibérément choisis. De plus, deux échantillons archéologiques (un fragment de saule et d'épinette) prélevés dans le site IbGk-3 sur l'île Drayton (Inukjuak) ont été analysés pour cette étude.

### 5.3.2 - Traitement des bois en laboratoire

En laboratoire, environ 0,5 g provenant des derniers cernes des bois ont été prélevés par grattage avec un couteau en céramique (pour éviter toute contamination chimique avec un métal) (Figure 27). Au préalable, leur écorce a été retirée et les bois ont été nettoyés cinq minutes dans de l'eau distillée et séchés à l'étuve. Les échantillons ont ensuite été broyés dans un mortier avec l'aide de quelques gouttes d'azote liquide (Figure 28).

Puis les prélèvements ont été traités en salle blanche ; il s'agit d'une salle utilisée dans les domaines sensibles aux contaminations environnementales où la concentration particulière est maîtrisée afin de minimiser l'introduction de pollution à l'intérieur. Environ 0,15 g de chaque échantillon de bois (Me) a été placé dans des containers en Téflon. Les pesées exactes ont été réalisées grâce à une balance électronique de précision.

Plusieurs attaques successives des échantillons pour détruire la matière organique et garder les éléments majeurs et éléments traces ont été effectuées. Une première attaque a été réalisée en ajoutant 6 ml d'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  (14,6 N) dans chaque container et en laissant chauffer en container fermé sur plaque à  $80^\circ\text{C}$  pendant 48h. Les containers ont ensuite été ouverts sur plaque chauffante pour évaporation à sec (Figure 29). Une deuxième attaque avec 4 ml d'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  (14,6 N) a ensuite été réalisée. Enfin une troisième attaque afin de poursuivre l'oxydation du carbone organique a été réalisée en ajoutant 20 gouttes d'eau oxygénée ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) et en chauffant à nouveau en container fermé sur plaque chauffante à  $80^\circ\text{C}$  pendant 24h puis en laissant évaporer à sec en container ouvert sur plaque.

Les échantillons ont ensuite été dissouts en ajoutant de l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  (0.37 N) dans les containers pour récupérer la solution et en transférant par rinçages successifs dans des tubes préalablement rincés jusqu'à environ 40 ml, les valeurs exactes des pesées (M1) ayant été relevées pour calculer la dilution ( $D1=Me/M1$ ) (Figure 30) (Annexe 13). Les solutions ont ensuite été analysées par ICP-MS (HP4500) à Géosciences-Rennes (Université de Rennes 1) en utilisant l'Indium (10 ppm) comme marqueur standard. Par cette technique, seules les concentrations de cations ont été déterminées dans cette étude (Annexe 14). Les géostandards internationales SLRS-4 (de référence de l'eau fluviale) et SRM1573a (tomate laisse référence) ont été utilisés pour vérifier la validité et la reproductibilité des analyses.



Figure 27 : Prélèvement de 0,5 g de bois sur les derniers cerne



Figure 28 : Broyage après versement d'azote liquide



Figure 29 : Evaporation à sec des containers Savillex ouverts sur plaque chauffante



Figure 30 : Pesée de la première dilution D1



### 5.3.3 - Traitement statistique

Afin de tester l'hypothèse selon laquelle un séjour prolongé d'un morceau de bois dans l'eau de mer peut modifier la composition chimique du bois, les concentrations d'éléments des 18 échantillons de bois ont été analysées par analyse multivariée (PCA). Ces ACP ont été basées sur des corrélations matrices afin de standardiser et normaliser le jeu de données. Les APC et relatifs tests statistiques ont été réalisés avec XLSTAT (Addinsoft, 7.5), en utilisant des tests non paramétriques pour les petits échantillons de distribution inconnue (Mann-Whitney). Les résultats obtenus ont principalement été comparés aux travaux préliminaires d'Alix et Stimmell (1996).

## 6. STRUCTURE DE LA THÈSE

La thèse est structurée en quatre chapitres-articles dont un est publié, deux sont soumis et le quatrième sera soumis prochainement.

### 6.1 Chapitre 1

Le chapitre 1 est intitulé « A study of the composition characteristics and origin of modern driftwood on the western coast of Nunavik (Quebec, Canada) ». Il vise à établir un référentiel des bois flottés actuels dans les régions d'Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq, plus particulièrement en appréciant leurs caractéristiques morphologiques (volume, état de conservation des bois répertoriés et collectés sur les plages) et en les identifiant. Il s'agit également dans ce chapitre de tenter de savoir d'où proviennent ces bois en analysant la largeur moyenne de leurs cernes de croissance et en comparant des courbes dendrochronologiques des bois présentant un nombre de cernes relativement élevé avec des séries de référence dont on suppose leur origine. Ce chapitre est accepté dans « *Journal of Geophysical Research : Biogeosciences* ».

### 6.2 Chapitre 2

Le chapitre 2 est intitulé « Charcoal and wood from archaeological sites on the west coast of Nunavik (Quebec, Canada) ». A l'instar du chapitre précédent qui portait sur l'identification des bois actuels retrouvés sur les plages des régions étudiées, ce chapitre 2 a pour objectif d'établir un référentiel des caractéristiques des ressources ligneuses (bois, charbons, artefacts ligneux) trouvées dans les différents sites archéologiques paléoesquimaux et néoesquimaux de ces mêmes régions. Des analyses



anthracologiques et xylologiques ont donc été entreprises pour l'identification des charbons et des bois archéologiques. La présence de moëlle et/ou d'écorce ainsi que la courbure des cernes de croissance ont également été relevés pour estimer le diamètre de ces ressources ligneuses archéologiques tandis que leurs cernes de croissance ont été comptés et mesurés afin de connaître leur croissance moyenne annuelle et d'en déduire ou non des origines communes. Des analyses dendrochronologiques couplées à des datations  $C^{14}$  effectuées sur les plus gros bois archéologiques issus du site JeGn-2 à Akulivik et du site IbGk-3 à Inukjuak ont également permis de proposer des hypothèses sur la provenance possible des bois par interdatation avec des séries de références obtenues sur les mêmes espèces existantes au sud ouest de la baie d'Hudson et de la baie de James. Ce chapitre est soumis dans la revue « *Journal of Archaeological Sciences* ».

### **6.3 Chapitre 3**

Ce chapitre 3 est intitulé « Inuit knowledge and use of wood resources on the west coast of Nunavik, Canada ». Il vise principalement à documenter le savoir traditionnel Inuit au sujet de la disponibilité, la collecte et l'exploitation des ressources en bois sur la côte ouest du Nunavik au travers des entrevues semi-dirigées réalisées avec vingt-sept Inuit âgés de 60 à 89 ans dans les villages d'Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq. Il complète ainsi par ces analyses qualitatives, les données quantitatives des chapitres précédents. Ce chapitre a été publié en 2013 dans la revue « *Etudes Inuit Studies*, 36 (1), 147-174 ».

### **6.4 Chapitre 4**

Ce chapitre 4 intitulé « Chemical differentiation between immersed, cut and archaeological woods of Nunavik (Northern Quebec, Canada): Preliminary results » retranscrit les analyses chimiques innovantes effectuées dans le cadre de cette thèse pour tenter de différencier chimiquement un bois flotté d'un bois coupé en comparant la concentration des différents éléments chimiques contenus dans ces bois. Les résultats préliminaires obtenus seront un point de départ pour répondre à l'une des questions principales posées par les Inuit concernant la provenance (bois flotté ou bois coupé à la limite des arbres) des bois de gros calibres dans le site archéologique IbGk-3 sur l'île Drayton (Inukjuak). Ce chapitre est soumis dans « *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* ».

## 7. BIBLIOGRAPHIE

Alix, C., 1998. Provenance et circulation des bois en milieu arctique : quels choix pour les Thuléens ? *Revue Archéométrie*, 22 : 11-22.

Alix, C., 2001. Exploitation du bois par les populations néo-eskimo entre le nord de l'Alaska et le Haut Arctique canadien. PhD thesis, Université Paris I-Panthéon Sorbonne, France, 611 p.

Alix, C., 2003. Wood Remains from the 2002 Excavation at Uivvaq, Cape Lisburne. Dans: Uivvaq Heritage Project Field Season 2002, Owen K. Mason (Ed.), Final Report, Report to Aglaq/CONAM, GeoArch Alaska, Anchorage, 193-219.

Alix, C., 2004. Bois flotté et Archéologie de l'Arctique : contribution à la Préhistoire récente du détroit de Béring. *Etudes/Inuit/Studies*, 28(1): 109-132.

Alix, C., 2005. Deciphering the impact of change on the driftwood cycle: contribution to the study of human use of wood in the Arctic. *Global and Planetary Change*, 47(2-4): 83-98.

Alix, C., 2006. De la forêt à la côte – usage, folklore et écologie des bois flottés en Alaska. Rapport d'Activité 2005, IPEV Institut Polaire français Paul Emile Victor, 8-15.

Alix, C., 2007. Ethnoarchéologie de la production des objets en bois dans l'Arctique nord-américain. Dans: Les civilisations du renne d'hier et d'aujourd'hui : approches ethnohistoriques, archéologiques, anthropologiques, Berries S. et V. Vaté (Eds.), XXVIe Rencontres internationales d'histoire et d'archéologie d'Antibes, Antibes, Apdca, 377-391.

Alix, C., 2008. L'usage du bois en Alaska : Ethno-archéologie et dendrochronologie. *Les nouvelles de l'Archéologie*, 111(112) : 45-50.

Alix, C., 2009a. Driftwood, Timber and Shrubs! Wood Used by Ruin Islander Thule at Skraeling Island, Eastern Ellesmere Island, Canada. Dans: On the Track of the Thule Culture from Bering Strait to East Greenland - Papers in Honour of Gulløv H.C. et B. Grønnow (Eds.), *Studies in Archaeology and History*, Copenhagen: Danish National Museum, 149-166.

Alix, C., 2009b. Persistence and change in Thule wood use. Dans: *The Northern World A.D. 900-1400*, H. Maschner, Mason O. K. and R. McGhee (Eds.), The University of Utah Press, Salt Lake City, Utah, 179-205.

Alix, C., 2012. Using wood on King Island, Alaska. *Etudes Inuit Studies*, 36 (1): 89-112.

Alix, C. et C. Stimmell, 1996. Taking Wood to know more about Thule Culture. 29th annual conference of Canadian Archeological Association, 1-5 May 1996, Halifax, Nova Scotia.

Alix, C. et K.. Brewster, 2004. Not all driftwood is created equal: wood use and value along the Yukon and Kuskowim Rivers, Alaska. *Alaska Journal of Anthropology*, 2 (1-2): 48-65.

Allard, M. et M.K. Seguin, 1985. La déglaciation d'une partie du versant hudsonien québécois: bassins des rivières Nastapoca, Sheldrake et à l'Eau Claire. *Géographie physique et Quaternaire*, 39 : 13-24.

Allard, M. et M.K. Séguin, 1987. Le pergélisol au Québec nordique : Bilan et perspectives. *Géographie physique et Quaternaire*, 41 (1): 141-152.

Allard, M., Fortier, R., Gagnon, O. et Y. Michaud, 2004. Problématique du développement du village de Salluit, Nunavik, Quebec, Centre d'étude nordiques, Université Laval, Quebec, 2002b, 121 p.

Aubé-Michaud, A.A., 2013. Paléogéographie de l'archipel des îles Nuvuk et géoarchéologie du site KcFs-2, Nunavik (Canada). Mémoire de maîtrise en sciences géographiques, Université Laval, 182 p.

Arnold, C.D., 1994. The importance of wood in the Early Thule Culture of the Western Arctic. Dans: *Threads of Arctic Prehistory: Papers in Honour W., Taylor E., Morrison Jr. D. et J.-L. Pilon (Eds.)*, Mercury Series, 149. Archaeological Survey of Canada, Canadian, Museum of Civilization, Hull, 269-279.

Arsenault, D., Gagnon, L. et D. Gendron, 1998. Investigations archéologiques récentes au sud de Kangirsujuaq et le site à pétroglyphes de l'île Qajartalik, détroit d'Hudson, Nunavik. *Études/Inuit/Studies*, 22 (2) : 77-115.

Arsenault, D. et D. Gendron, 2007. Des Tuniit aux Inuits. Patrimoines archéologique et historique au Nunavik. Québec: Cahiers d'archéologie du CELAT, 21, et Publication en Archéologie du Nunavik, 2.

Asselin, H. et S. Payette, 2005. Late Holocene opening of the forest tundra landscape in northern Québec, Canada. *Global Ecology and Biogeography*, 14: 307-313.

Assemblée des Premières Nations du Québec et du Labrador, 2005. Protocole de recherche des Premières Nations du Québec et du Labrador, 19 p.

Association universitaire canadienne d'études nordiques, 2003. Principes d'éthique pour la conduite de la recherche dans le Nord, 9 p.

Aubé-Michaud, S., 2010. Géomorphologie et paléographie des îles Nuvuk, Ivujivik. Rapport de recherche, Département de géographie, université Laval, 46 p.

Avramtchev, L., 1982. Catalogue des gîtes minéraux du Québec, région de la baie d'Hudson, Québec. Service de la Géoinformation, DPV-926, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, 13 p.

- Barry, R.G., 1989. The Present Climate of the Arctic Ocean and Possible Past and Future States. Dans: The Arctic Seas, Climatology, Oceanography, Geology and Biology, Herman Y. (Ed.), Van Nostrand Reinhold Compagny, New York, 1-46.
- Barry, R.G., Arundale, W.H., Andrews, J.T., Bradley, R., Nichols, H., 1977. Environmental change and cultural change in the eastern canadian Arctic during the last 5000 years. *Arctic and Alpine Research*, 9 (2): 193-210.
- Bartholin, T., 1979. The Picea-Larix problem, *IAWA Bulletin*, 1: 7-9.
- Bartholin, T. et C. Hjort, 1987. Dendrochronological studies of recent driftwood on Svalbard. Dans: *Methods of Dendrochronology*, Kairukstis, Bednarz L., Feliksik E. et I. Warsaw (Eds.), Polish Academy of Sciences, Systems Research Institute, 207-219.
- Becker, H.S. et B. Geer, 1972. Participant Observation and Interviewing: A comparison. Dans: Filstead, W.J. (Ed.), *Qualitative Methodology: Firsthand Involvement with the Social World*, Chicago, Markham, 28-32.
- Benkova, V.E. et F.H. Schweingruber, 2004. An anatomy of russian woods: an atlas for the identification of trees, shrubs, dwarf shrubs and woody lianas from Russia, Haupt, 456 p.
- Berent, P.H., 1966. The technique of the Depth Interview. *Journal of Advertising Research*, 6(2): 32-39.
- Bhiry, N., Delwaide, A., Allard, M., Begin, Y., Filion, L., Lavoie, M., Nozais, C., Payette, S., Pienitz, R., Saulnier-Talbot, E. et W. Vincent, 2011. Environmental change in the Great Whale River region, Hudson Bay: Five decades of multi-disciplinary research, *Centre d'études Nordiques, Écoscience*, 18 (3): 182-203.
- Birket-Smith, K., 1929. The Caribou Eskimos. Material and Social Life and Their Cultural Position. Report of the fifth Thule Expedition, 1921-24, 5 (1), Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, Copenhagen.
- Blake, W.J., 1961. Radiocarbon dating of raised beaches in Nordaustlandet Spitsbergen. Dans: *Geology of the Arctic*, pp. 133-145 (Proc. 1st Int. Symposium Arctic Geol., January 1960), University of Toronto Press, Toronto.
- Blake, W.J., 1970. Studies of glacial history in Arctic Canada. Pumice, Radiocarbon Dates and Differential postglacial uplift in the Queen Elisabeth Islands, *Canadian Journal of Earth Science*, 7 : 634-664.
- Blake, W.J., 1972. Climatic Implications of Radiocarbon-Dated Driftwood in The Queen Elisabeth Islands, Arctic Canada. Dans: *Climatic Changes in Arctic Areas During the Last Ten-Thousand Years*, Y. Vasari, H. Hyvairinen et S. Hicks (Eds.), *Acta Universitatis Ouluensis, Ser. A : 77-104, Scientiae Rerum Naturalium n°3*, University of Oulu.

- Blake, W.J., 1975. Radiocarbon Age Determinations and Postglacial Emergence at Cape Storm, Southern Ellesmere Island, Arctic Canada. *Geografiska Annaler*, vol. 57, ser. A : 1-71, Naturgeografiska Institutionen vid Stockholms Universitet, Meddelanden.
- Blanchet, A. et A. Gotman, 1992. L'enquête et ses méthodes : l'entretien, Nathan, Nathan-Université, Paris, 19 p.
- Bliss, L.C. et N.V. Matveyeva, 1992. Circumpolar Arctic Vegetation. Dans: *Arctic Ecosystems in a changing Climate*, Academic Press, chap. 4, 59-89.
- Bostock, H.S., 1979. Subdivisions physiographiques du Canada. Dans: *Géologie et ressources minérales du Canada*, Douglas R.J.W. (Ed.), Commission Géologique du Canada, Série de la géologie économique no.1, réimpression, Ministère de l'Energie des Mines et Ressources, Ottawa, 9-30.
- Boutin, G., 1997. L'entretien de recherche qualitative. Presses de l'Université du Québec, 169 p.
- Caccianiga, M. et S. Payette, 2006. Recent advance of white spruce (*Picea glauca*) in the coastal tundra of the eastern shore of Hudson Bay (Québec, Canada). *Journal of Biogeography*, 33: 2120-2135.
- Caccianiga, M., Payette, S. et L. Filion, 2008. Biotic disturbance in expanding subarctic forests along the eastern coast of Hudson Bay. *New Phytologist*, 178 (4): 823-834.
- CAVM Team, 2003. Circumpolar Arctic Vegetation Map. Scale 1:7,500,000. Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF) Map No. 1. U.S. Fish and Wildlife Service, Anchorage, Alaska.
- Cannel, C.F., 1974. L'interview comme méthode de collecte. Dans: *Les méthodes de recherche dans les sciences sociales*, Festinger L. et D. Katz (Eds.), traduite d'après la première édition américaine de 1953 par Lesage H., Paris, PUF, 385-437.
- Chandler, F.W., 1988. The early Proterozoic Richmond Gulf Graben, East Coast of Hudson Bay, Québec. *Geological Survey of Canada, Bulletin 362*.
- Chandler, F.W. et E.J. Schwarz, 1980. Tectonics of the Richmond Gulf area, Northern Québec - A hypothesis. *Geological Survey of Canada Paper*, 80-1C: 59-68.
- Chauchat, H., 1985. L'entretien de recherche, dans l'enquête en psychosociologie, Paris, PUF, 143-178 pp.
- Ciesielski, A., 1998. Compilation géologique de la partie orientale de la province du Supérieur, Québec. *Commission géologique du Canada*, 1:1 000 000.
- Collins, H.B., 1951. Excavations at Thule Culture Sites near Resolute Bay, Conrwallis Island, N.W.T. *Annual Report of the National Museum of Canada, Report of the National Museum of Canada, 1949-50, Bulletin 123*: 49-63.

Collins, H.B., 1952. Archaeological Excavations at Resolute, Cornwallis Island, NWT. Annual Report of the National Museum of Canada for 1950-51, Department of Resources and Development, National Museum of Canada Bulletin, Ottawa, 126: 48-63.

Commission géologique du Canada, 1997. Géologie Ivujivik, Québec, Territoires du Nord-Ouest, Carte 1911A. Ressources naturelles Canada.

Cook, E.R., 1985. A time series analysis approach to tree-ring standardization. Ph.D. thesis, University of Arizona, Tuscon, Arizona.

Cook, E.R., Briffa, K.R., Shyatov, S. et V. Mazepa, 1990. Tree-ring standardization and growth-trend estimation. Dans: *Methods of Dendrochronology, Applications in Environmental Sciences*, Cook, E.R. et L.A. Kairiukstis (Eds.), Kluwer Academic Press, Boston, Massachusetts, 104-122.

Cruikshank, J., 2001. Glaciers and Climate Change: Perspectives from Oral Tradition. *Arctic*, 54(4): 377-393.

Daunais, J.P., 1984. L'entretien non directif, dans B.Gauthier (dir.), *Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données*, Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec, 247-275.

Denzin, N.K. et Y.S. Lincoln, 2005. *The sage Handbook of Qualitative Research* (3<sup>rd</sup> ed.). Thousand Oaks, CA : Sage, 1210 p.

Deo Shaw, J., 2012. Economies of driftwood: Fuel harvesting strategies in the Kodiak Archipelago. *Etudes Inuit Studies*, 36 (1): 63-88.

Desrosiers, P.M., Gendron, D. et N. Rahmani, 2006. Harpoon head seriation and the Dorset phases: About the Tayara sliced and the other types. Dans: Arneborg J. et B. Grønnow (Eds.), *Dynamics of Northern Societies*, 131-143. *Proceedings of the SILA/NABO Conférence on Arctic and North Atlantic Archaeology*, Copenhagen, May 10-14, 2004, *Studies in Archaeology and History*, Volume 10, the Danish National Museum, Copenhagen.

Desrosiers, P.M., Gendron, D., Todisco, D., Monchot, H., Rahmani, N., Bhiry, N. et C. Houmard, 2008. Tayara (KbFk-7) et le Dorsétien : Recherche pluridisciplinaire sur un site-clé du Paléoesquimaux du détroit d'Hudson (Nunavik, Canada). *L'Anthropologie*, 112 : 757-779.

Desrosiers, P.M., 2009. A l'origine du Dorsétien, apport de la technologie lithique des sites GhGk-63 et Tayara (KbFk-7) au Nunavik. Thèse de Doctorat, Université Paris 1, Panthéon-Sorbonne.

Desrosiers, P.M., Lofthouse, S., Bhiry, N., Lemieux, A.M., Monchot, H., Gendron, D. et D. Marguerie, 2010. The Qijurittuq site (IbGk-3), Eastern Hudson Bay: an IPY Interdisciplinary Study. *Geografisk Tidsskrift Danish Journal of Geography*, 110(2): 1-6.

Dyke, A.S. et T.F. Morris, 1990. Postglacial history of the bowhead whale and of driftwood penetration; implications for paleoclimate, Central Canadian Arctic. Geol. Surv. Can. Pap., 89(24) : 1-17.

Dyke, A.S., England, J., Reimnitz, E. et H. Jetté, 1997. Changes in driftwood delivery to the Canadian Arctic archipelago: the hypothesis of postglacial oscillations of the transpolar drift. Arctic, 50(1): 1-16.

Dyke, A.S. et J.M. Savelle, 2000. The record of Holocene driftwood incursion to the southwestern Canadian Arctic Archipelago and its significance to paleoceanography and archaeology. Quaternary Research, 55: 371-379.

Edlund, S.A., 1983. Reconnaissance Vegetation Studies on Western Victoria Island, Canadian Arctic Archipelago. Geological Survey of Canada Paper, 831b: 75-81

Edlund, S.A., 1990. Bioclimatic zones in the Canadian Arctic Archipelago. Dans: Canada's Missing Dimension Science and History in the Canadian Arctic Islands, Harington C.R. (Ed.), Vol. 1, 421-441.

Eggertsson, O., 1994a. Origin of the Arctic Driftwood- a dendrochronological study. Lundqua thesis, 32, Department of Quaternary Geology, Lund University, Lund, 13 p.

Eggertsson, O., 1994b. Mackenzie River Driftwood - a dendrochronological study. Arctic. Calgary, Journal of the Arctic Institute of North America, 47 (2): 128-236.

Eggertsson, O., 1994c. Driftwood as an indicator of relative changes in the influx of Arctic and Atlantic water into coastal areas of Svalbard. Polar Research, 13 (2): 209-218.

Eggertsson, O., et D. Laeyendecker, 1995. Dendrochronological Study of the Origin of Driftwood in Frobisher Bay, Baffin Island, N.W.T., Canada. University of Colorado, Boulder, Arctic and Alpine Research, 27 (2): 180-186.

England, J., Bradley, R.S. et G.H. Miller, 1979. Former ice shelves in the Canadian High Arctic. Journal of Glaciology, 20: 393-404

Eurola, S., 1971. The driftwoods of the Arctic Ocean. Reports from the Kevo Subarctic Resarch Station, 7: 74-80.

Farrar, J.-L., 1995. Trees in Canada. Fitzhenry and Whiteside Limited and the Canadian Forest Service, Canada Communication Group, 502 p.

Filion, L., Payette, S., Gauthier, L. et Y. Boutin, 1986. Light rings in subarctic conifers as a dendrochronological tool. Quaternary Research, 26: 272-279.

Filion, L., Cloutier, C. et L. Cournoyer, 2010. Dendroécologie des épidémies de la tenthrède du mélèze (*Pristiphora erichsonii*) dans l'est du Canada. Dans: Payette S. et L. Filion (Eds). La dendroécologie - Principes, méthodes et applications, Presses de l'Université Laval, Québec, Canada, 436-466.

Fitzhugh, W.W., 1972. Environmental Archeology and Cultural Systems in Hamilton Inlet, Labrador, Washington, D.C., Smithsonian Contributions to Anthropology, No. 16.

Fitzhugh, W.W., Jordan, R., Adovasio, J. et D. Laeyendecker, 2006. Cordage and wood from the Avayalik Dorset site in Northern Labrador. Dans: Arneborg J. et B. Grønnow (dir.), Dynamics of Northern Societies - Proceedings of the SILA/NABO Conference on Arctic and North Atlantic Archaeology, Copenhagen, May 10th-14th, 2004, Copenhagen, Publications from the National Museum, Studies in Archaeology and History, 10: 153-175.

Foddy, W., 1993. Constructing Questions for Interviews and Questionnaires, Theory and Practice in Social Research. New York: Cambridge University Press, 228 p.

Francis, D., 1999. Lac Guillaume-Delisle. L'encyclopédie canadienne. [En ligne] <http://thecanadianencyclopedia.com>

Fritts, H.C., 1976. Tree Rings and Climate, Academic Press, New York, U.S.A., 117 p.

Funder, S., Hugues, G., Jepsen, H., Kaas, E., Kjær, K.H., Korsgaard, N.J., Larsen, N.K., Linderson, H., Lyså, A., Möller, P., Olsen, J. et E. Willerslev, 2011. A 10,000-Year Record of Arctic Ocean Sea-Ice Variability—View from the Beach. *Science*, 333 (6043):747-750.

Gajewski, K., Payette, S. et J.C. Ritchie, 1993. Holocene vegetation history at the boreal-forest-shrub-tundra transition in north-western Quebec. *Journal of Ecology*, 81: 433-442.

Gajewski, K., Garralla, S. et V. Milot-Roy, 1996. Postglacial vegetation at the northern limit of lichen woodland in northwestern Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 50 : 341-350.

Gendron, D., 2001. Early palaeoeskimo boulder field archaeology in western Nunavik. *Anthropological Papers of the University of Alaska*, 1(1): 35-52.

Gendron, D. et C. Pinard, 2000. Cinq mille ans d'occupation humaine en milieu extrême: des Paléo-esquimaux aux Inuits. *Revista de Arqueologia Americana*, 20: 159-188

Gerardin, V. et D. McKenney, 2001. Une classification climatique du Québec à partir de modèles de distribution spatiale de données climatiques mensuelles : une définition des bioclimats du Québec. Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Ministère de l'Environnement, Québec, 40 p.

Giddings, J.-L., 1941. Dendrochronology in Northern Alaska. *University of Alaska Bulletin IV*, 107 p.

Giddings, J.-L., 1943. A plan for mapping Arctic Sea Currents. *Geographical Review*, The American Geographical Society, New York, 33: 326-327.



Giddings, J.-L., 1952a. The Arctic Woodland Culture and the Kobuk River. *Society for American Archaeology*, 22 (2): 199-201.

Giddings, J.-L., 1952b. Driftwood and problems of the Arctic Sea Currents. *American Philosophical Society*, 96 (2): 129-142.

Giddings, J.-L., 1953. Yukon River Spruce Growth. *Tree-Ring Bulletin*, 20(1): 2-5.

Gullov, H.C., 1981. Migration et diffusion – peuplement Inuit de l'Ouest du Groënland à l'époque post-médiévale. *Etudes Inuit Studies*, 6(2): 3-20.

Grawitz, M., 1986. *Méthodes des sciences sociales* (7<sup>e</sup> édition), Paris, Dalloz, 1104 p.

Gray, J.T., 2001. Patterns of ice flow and deglaciation chronology for southern coastal margins of Hudson Strait and Ungava Bay. Dans: *Marine Geology of Hudson Strait and Ungava Bay, Eastern Arctic Canada: Late Quaternary Sediments, Depositional Environments, and Late Glacial-deglacial History Derived from Marine and Terrestrial Studies*, MacLean B.S. (Ed.), Geological Survey of Canada Bulletin, 31-55.

Gray, J.T. et B. Lauriol, 1985. Dynamics of the late Wisconsin ice sheet in the Ungava Peninsula interpreted from geomorphological evidence. *Arctic and Alpine Research*, 17: 289-310.

Gray, J.T., Lauriol, B., Bruneau, D. et J. Ricard, 1993. Postglacial emergence of Ungava peninsula, and its relationship to glacial history. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 30: 1676-1696.

Grønnow, B., 1996. Driftwood and Saqqaq culture woodworking in West Greenland. Dans: Jacobsen, B., Andreasen, C. et J. Rygaard (Eds), *Cultural and Social Research in Greenland 95/96, Essays in Honour of Robert Petersen*, Illisimatusarfik/Atuakkiorfik, 73-89.

Grønnow, B., 2012. An archaeological reconstruction of Saqqaq bows, darts, harpoons, and lances, *Études/Inuit/Studies*, 36(1): 23-48.

Groves, C., 2000. Belarus to Bexley and beyond: Dendrochronology and dendroprovenancing of conifer timbers. *Vernacular Architecture*, 31: 59-66.

Häggbloom, A., 1982. Driftwood in Svalbard as an indicator of sea ice conditions. *Geogr. Ann.* 64-A: 81-94.

Häggbloom, A., 1987. Drivved och havsis. Dans: *Expeditionen Ymer-80*, Hoppe G, Rasmussen, B. S. and M. W. Roland (Eds.), Vetenskapskad K., Stockholm, 211.

Harmon, M.E., Franklin, J.F., Swanson, F.J., Sollins, P., Gregory, S.V., Lattin, J.D., Anderson, N.H., Cline, S.P., Aumen, N.G., Sedell, J.R., Lienkaemper, G.W., Cromack, J.K. et K.W. Cummins, 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Dans: *Advances in ecological research*, MacFadayan A. et E.D. Ford (Eds), Academic Press, London, 133-302.

Hellmann L., Tegel, W., Eggertsson, O., Schweingruber, F.H., Blanchette, R., Kirdyanov, A., Gartner, H. et U. Buntgen, 2013. Tracing the origin of Arctic driftwood, *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 118 (1), 68-76.

Helmer, J.W., 1994. Resurrecting the spirit(s) of Taylor's "Carlsberg Culture": cultural traditions and cultural horizons in Eastern Arctic prehistory. Dans: Morrison D. and J.-L. Pilon (Eds), *Threads of Arctic Prehistory: Papers in Honour of William E. and Jr. Taylor*, Ottawa, Canadian Museum of Civilization, Archaeological Survey of Canada, Mercury Series Paper, 149: 15-34.

Hibler, W.D., 1989. Arctic Ice-Ocean Dynamics. Dans: *The Arctic Seas*, Herman Y (Ed.), Climatology, Oceanography, Geology and Biology, Van Nostrand Reinhold Compagny, New York, 47-92.

Hillaire-Marcel, C., 1979. Les mers post-glaciaires du Québec: quelques aspects, thèse de doctorat d'état présenté à l'université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 293 p.

Hoadley, B., 1990. Identifying wood: accurate results with simple tools, Taunton Press, Newtown, Conn, 223 p.

Hoffecker, J.F., 2005. Prehistory of The North: Human Settlement of The Higher Latitudes. Rutgers University Press, Piscataway, 250 p.

Huberman, M. et M. Miles, 1983. L'analyse des données qualitative: quelques techniques de réduction et de représentation, Neuchâtel, I.D.R.P., 57 p.

Hustich, I., 1966. On the Forest-Tundra and the Northern Tree-Lines. *Annals University Turku A. II, Tulun, Yliopisto, Turku*, 36: 7-47.

Hustich, I., 1979. Ecological concepts and biographical zonation in the North: the need for a generally accepted terminology. *Copenhagen, Holoarctic Ecology*, 2: 208-217.

Hyatt, T.C. et R.J. Naiman, 2007. The residence time of LWD in the Queets river, Washington, USA, *Ecological Applications*, 11 (1), 191-202.

Institut culturel Avataq, 1989. Inventaire archéologique de l'aire d'étude du village d'Akulivik, Nouveau-Québec : Réflexion des infrastructures aéroportuaires. AR038, Tome 1 : Textes et annexes présenté au service de l'environnement ministère des transports du Québec par l'institut culturel avataq, 172 p.

Institut culturel Avataq, 2005. Inventaire archéologique dans la région du lac Guillaume-Delisle, AR016a. Rapport de recherche, 87 p.

Institut culturel Avataq, 2007. Etat des connaissances région du lac Guillaume-Delisle. Institut culturel Avataq, Rapport de recherche, 153 p.

Institut culturel Avataq, 2008. IPY Archaeological Project Inukjuak Fieldwork 2007. AR255. Rapport de recherche, 214 p.

Institut culturel Avataq, 2009a. IPY Archaeological Project, Inukjuak Fieldwork 2008. AR259. Rapport de recherche, 259 p.

Institut culturel Avataq, 2009 b. CURA Project, Archaeological survey of the Nuvuk islands and Surrounding Area, Ivujivik (Nunavik). AR 276-1. Rapport de recherche, 71 p.

Institut culturel Avataq, 2010 a. Reconnaissance archéologique dans les régions d'Umiujaq et de Salluit été 2009. AR272. Rapport de recherche, 25 p.

Institut culturel Avataq, 2010b. Field report for archaeological investigations at KcFs-2, Nuvuk islands, Ivujivik, Nunavik. AR 275. Rapport de recherche, 14 p.

Institut culturel Avataq, 2010c. CURA Project, Excavation at KcFs-2, House 1 and 3 (Interior). AR 277. Rapport de recherche, 26 p.

Institut culturel Avataq, 2011. Chronologie de l'Arctique. [En ligne] <http://www.avataq.qc.ca/fr/L-institut/Departements/Archeologie/Decouvrir-l-archeologie/Chronologie-de-l-Arctique>

Institut de la Recherche en Santé du Canada, 2007. Lignes directrices des IRSC pour la recherche en santé chez les peuples autochtones. [En ligne] [www.cihr-irsc.gc.ca/f/29134.html](http://www.cihr-irsc.gc.ca/f/29134.html).

Instituts de recherche en santé du Canada, Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, 1998. Énoncé de politique des trois Conseils : Éthique de la recherche avec des êtres humains, Règles 1.1 et 2.3.

Inuit Tapiriit Kanatami and Nunavut Research Institute, 2007. Negotiating Research Relationships with Inuit Communities. A guide for researchers, 38 p.

Jansma, E., 1992. Dendrochronological methods to determine the origin of oak timber: A case study on wood from 's-Hertogenbosch. *Helinium*, 32 (1-2), 195- 214.

Jenness, D., 1922. The Life of the Copper Eskimo. Report of the Canadian Arctic Expedition, 1913-1918, volume 12, F.A. Ackland, Ottawa, 277 p.

Johansen, S., 1998. The origin and age of driftwood on Jan Mayen, *Polar Research*, 17 (2), 125-146.

Johansen, S., 1999. Origin of driftwood in north Norway and its relevance for transport routes of drift ice and pollution to the Barents Sea, *The Science of the Total Environment*, 231: 201-225.

Johansen, S., 2001. A dendrochronological analysis of driftwood in the Northern Dvina delta and on northern Novaya Zemlya, *J. Geophys. Res.*, 106 (C9): 19,929-19,938.

Kaplan, S.A., 2009. From Forested Bays to Tundra Covered Passes: Transformation of the Labrador Landscape. Dans: *On Track of the Thule Culture from Bering Strait to*

East Greenland, Grønnow B. (Ed.). Studies in Archaeology and History, Volume 15, Copenhagen: National Museum, 119-28.

Kerr, R.A., 2008. Geologist find vestige of Early Earth. Maybe World's Oldest Rocks. Science, 26 (321): 5897- 1755.

Kindle, E.M., 1921. Mackenzie River Driftwood. Geographical Review, 11: 50-53.

Krankina, O. et R.L. Ethington, 1995. Forest resources and wood properties of commercial tree species in the Russian Far East. Forest Products Journal, The Natural Resource for the Forest Products Industry, 45 (10): 44-50.

Kvale, S., 1983. The Qualitative Research Interview: A Phenomenological and Hermeneutical Mode of Understanding. Journal of Phenomenological Psychology, 14 (2): 171-196.

Labreche, Y., 2001. Terres habitées, interactions et changement au temps de la préhistoire. Dans: Duhaime G. (Ed.), Le Nord : habitants et mutations. Atlas Historique du Québec, Les presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, 7-23.

Laeyendecker, D., 1993a. Analysis of wood and charcoal samples from Inuit sites in Frobisher Bay. Dans: The Meta Incognita Project, Alsford, S. (Ed.), Contributions to Field Studies, volume 6, Canadian Museum of Civilization, Ottawa, 199-210.

Laeyendecker, D., 1993b. Wood and charcoal remains from Kodlunarn Island. Dans: Fitzhugh, W.W. et J.S. Olin (Eds.), Archeology of the Frobisher Voyages, Smithsonian Institution Press, Washington, 155-172.

Lafortune, V., Filion, L. et B. Hétu, 2006. Émersion des terres et développement des sols bien drainés au Lac Guillaume-Delisle, Québec subarctique. Géographie Physique et Quaternaire, 60(2): 165-182.

Laiberté, S., 2006. Sédimentologie et stratigraphie d'un delta édifié dans un contexte de régression forcée : exemple du delta de la rivière Sainte-Anne, Québec, Canada. Rapport de maîtrise, Université Laval, 94 p.

Laugrand, F. et J. Oosten, 2008. The sea woman: Sedna in Inuit Shamanism and Art in the Eastern Arctic, Fairbanks, University of Alaska Press, 152 p.

Lauriol, B. et J.T. Gray, 1987. The decay and disappearance of the late Wisconsin ice sheet in the Ungava Peninsula, Northern Quebec, Canada. Arctic and Alpine Research, 19: 109-126.

Lavoie, C., 2006. Géomorphologie et quaternaire du lac Guillaume-Delisle (Nunavik), Canada. Thèse de doctorat en sciences géographiques. Université Laval, 123 p.

Lavoie, C. et P. Payette, 1996. Domaine de la toundra forestière. Dans: Manuel de foresterie, 247-256 pp. Presses de l'Université Laval, Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, Sainte-Foy, 1428 p.

Lavoie, C., Allard, M. et D. Duhamel, 2012. Deglaciation landforms and C-14 chronology of the Lac Guillaume-Delisle area, eastern Hudson Bay: a report on field evidence. *Geomorphology*, 159-160: 14259-16.

Legendre, R., 1992. Dictionnaire de l'éducation, Paris/Montréal, Larousse, 680 p.

Lemieux, A.M., 2009. Changements environnementaux et culturels en milieu arctique. Site archéologique Ib Gk-3, île Drayton, Inukjuak. Mémoire de Maitrise, Université Laval, 109 p.

Lemieux, A.-M., Bhiry, N. et P.M. Desrosiers, 2011. The geoarchaeology and traditional knowledge of winter sod houses in eastern Hudson Bay, Canadian Low Arctic, *Geoarchaeology*, 26: 479-500.

Le Mouel, J.-F. et M. Hehmsoth-Le Mouel, 1985. The Archaeological Campaign in the Summer 1984. On file, Canadian Museum of Civilization Archives, Hull .

Le Mouel, J.-F. et M. Hehmsoth-Le Mouel, 1986. Summary of the Archaeological Field Work near Holman Island, N.W.T. Canada, in the Summer of 1985. On file, Canadian Museum of Civilization Archives, Hull.

Lévêque, C., 2002. Les savoirs des Autochtones, questions, défis et enjeux. Dans : Baillargeon, J.P., Transmission de la culture. Petites sociétés. Mondialisation. Québec, Presses de l'Université Laval/IQRC, 2001-212.

Lofthouse, S., 2007b. An overview of taphonomic approaches to zooarchaeological analysis. Dans: Arsenault D. et D. Gendron (dir.), Des Tuniit aux Inuits, Patrimoines archéologique et historique au Nunavik, Québec, Université Laval, Cahiers d'archéologie du CÉLAT, 21 et Montréal, Institut Cultural Avataq, Publication en archéologie du Nunavik, 2: 157-166.

Marcoux, F., 2006. Inventaire archéologique de la région du futur parc national des lacs Guillaume-Delisle-et-à-l'Eau-Claire, Québec Nordique, presented to Kativik Regional Government and the Cree Regional Administration. Copies available from Avataq Cultural Institute, AR 243, 24 p.

Marcoux, F. et C. Roy, 2008. Archaeological Survey in the Proposed Lacs-Guillaume-Delisle-Et-À-L'Eau-Claire National Park, presented to Kativik Regional Government by the Cree Regional Authority. Copies available from Avataq Cultural Institute, AR 250.

Marguerie, D., Bégin, Y. et L. Cournoyer, 2000. Distinction anatomique du bois du Mélèze (*Larix laricina*), de l'épinette blanche (*Picea glauca*) et de l'épinette noire (*Picea mariana*) en vue de l'analyse des macrorestes. *Géographie physique et Quaternaire*, 54(3): 317-325.

Marguerie, D. et J.-Y., Hunot, 2007. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in western France. *Journal of Archaeological Sciences*, 34: 1417-1433.

Maschner, H., Mason, O. et R. McGhee, 2009. The Northern World, AD 900–1400. Anthropology of Pacific North America Series, 360 p.

Mason, O.K., 1998. The contest between the Ipiutak, Old Bering Sea and Birnirk polities and the origin of whaling during the First Millennium. A.D. along Bering Strait. *Journal of Anthropological Archaeology*, 17(3): 240-325.

Mason, O.K., 2003. Uivvaq Heritage Project Field Season 2002, Rapport final. Rapport pour Aglaq/CONAM, GeoArch Alaska, Anchorage.

Marcus, W.A., Marston, R.A., Colvard, C.R. et R.D. Gray, 2002. Mapping the spatial and temporal distributions of woody debris in streams of the Greater Yellowstone Ecosystem, USA. *Geomorphology*, 44: 323-335.

Mary-Rousseliere, G., 1979 a. A few Problems Elucidated...and New Questions Raised by Recent Dorset Finds in North Baffin Island Region. *Arctic, The Journal of the Arctic Institute of North America*, Calgary, 32(1): 22-32.

Mary-Rousselière, G., 1979b. The Thule Culture on North Baffin Island: Early Thule Characteristics and the Survival of the Thule Tradition. Dans: *Thule Eskimo Culture: An Anthropological Retrospective*, Maxwell, M., 1960 (Ed.), *An Archaeological Analysis of Eastern Grant Land, Ellesmere Island, Northwest Territories*, Anthropological Series, Vol. 49, National Museum of Canada Bulletin n°170, Ottawa.

Maxwell, M.S., 1985. Prehistory of the eastern Arctic. Academic Press, New-York, 327 p.

Maxwell, B., 1992. Arctic Ecosystems in a Changing Climate, an Ecophysiological Perspective. Dans: Chap III, Jefferies F. S., Robert L., Reynolds J., Shaver F., Gaius R. et J. Svoboda (Eds.), *Arctic Climate: Potential for Change under Global Warming*, Academic Press, San Diego, Californie, 11-31.

Maycock, P.F. et B. Matthews, 1966. An Arctic Forest in the Tundra of Northern Ungava, Quebec, Arctic. *The Arctic Institute of North America*, Calgary, 19 (2): 114-144.

McCartney, A.P., 1977. Thule Eskimo Prehistory along Northwestern Hudson Bay. Vol. 3, University of Wisconsin-Madison, 1971-1976.

McGhee, R., 1981. Les Tuniit, premiers habitants de l'Arctique polaire. Hull, Musée canadien des civilisations, 72 p.

McGhee, R., 1984. The Thule Village at Brooman Point, High Arctic Canada. Mercury Series 125. Archaeological Survey of Canada, National Museum of Man, National Museum of Canada, Ottawa, n°125.

McGhee, R., 1996. Ancient People of the Arctic. Vancouver, UBC Press, 244 p.

McGhee, R., 2000. Radiocarbon dating and the timing of the thule culture migration. Dans: Appelt M., Berglund J. et H.C. Gullov (Eds.), *Identifies and cultural contacts in*

the Arctic, Proceedings from a conférence at the Danish National Muséum, Copenhagen, November 30 to December 2, 1999, Danish Polar Center, Denmark, 181-191.

McGhee, R., 2001. The Arctic Voyages of Martin Frobisher: An Elizabethan Adventure, Montreal and Kingston, Canadian Muséum of Civilization and Mc Gill-Queen's University Press, 200 p.

Miles, M.B. et M. Huberman, 1984. Qualitative Data Analysis: A Source-Book of Nex Methods, Beverly Hills, CA, Sage Publications.

Mishler, E.G., 1986. Research Interviewing, Context and Narrative. Cambirdge, London, Harvard University Press, 189 p.

Morantz, T., 2010. Relations on Southeastern Hudson Bay: An Illustrated History of Inuit, Cree and Eurocanadian Interaction, Avataq publication, 1740-1970.

Morrison, D. et G-H. Egmain, 1995. Inuit Glimpses of an Arctic past, Canadian Museum of Civilization, 159 p.

Murray, M.S., 1999. Local Heroes. The Long-Term Effects of Short-Term Prosperity-An Example from the Canadian Arctic. World Archaeology, 30(3): 466-483.

Myers, G.E. et M.T. Myers, 1984. Les bases de la communication interpersonnelle, Montréal, Toronto, McGraw-Hill, 470 p.

Nagy, M., 2000. From Pre-Dorset Foragers to Dorset Collectors: Palaeo-Eskimo Cultural Change in Ivujivik, Eastern Canadian Arctic. Dans: Identities and Cultural Contacts in the Arctic, Appelt M., Berglund J. et H.C. Gulløv (Eds), Danish Polar Center, Copenhagen, 143-148.

Nansen, F., 1975. Farthest North: being the record of a voyage of exploration of the ship "Fram", vol. I, Tamden Publishing Ltd, London, 1ère ed. 1897, 1861-1930.

Oswalt, W., 1951. The Origin of Driftwood at Hooper Bay, Alaska. Tree Ring Bulletin, Tree Ring Society, Tucson, 18 (1): 6-8.

Panshin, A.J. et C. de Zeeuw, 1980. Textbook of wood technology, McGraw-Hill, 736 p.

Park, R.W., 1993. The Dorset-Thule Succession in Arctic North America: Assessing Claims for Culture Contact. American Antiquity, 58 (2): 203-234.

Patton, M.Q., 1989. Qualitative Evaluation Methods, Beverly Hills, London, Sage Publications.

Payette, S., 1983. The forest tundra and present tree-lines of the northern Québec-Labrador Peninsula. Nordicana, 47: 3-23.

- Payette, S., 1993. The range limit of boreal tree species in Quebec-Labrador: an ecological and palaeoecological interpretation. *Rev. Palaeobot. Palynol*, 79: 7-30.
- Payette, S., 1996. Domaine de la toundra arctique. In : Bérard J.A. et M. Côté (Eds.), *Manuel de foresterie*, Ordre des ingénieurs forestiers du Québec et Les Presses de l'Université Laval, Québec, 256-260.
- Payette, S. et A. Delwaide, 1991. Variations séculaires du niveau d'eau dans le bassin de la rivière Boniface (Québec nordique): une analyse dendroécologique. *Géographie physique et Quaternaire*, 45(1): 59-67.
- Payette, S. et C. Lavoie, 1994. The arctic tree line as a record of past and recent climatic changes. *Environmental Review*, 2: 78-90.
- Payette, S. et A. Bouchard, 2001. Le contexte physique et biogéographique. In : Payette S. et L. Rochefort, *Ecologie des tourbières du Québec-Labrador*, Les Presses de l'Université Laval, Québec, 9-37.
- Pharand, A.A., 2013. Paléoécologie des îles Nuvuk (Nunavik, Canada) dans le contexte de leur occupation par les Dorsétiens et les Inuit. Mémoire de maîtrise en sciences géographiques, Université Laval, 80 p.
- Pinard, C., 1993. Habitations d'hiver thuléennes. *Tumivut*, 4: 62-64.
- Pinard, C., 1999. L'occupation paléoesquimaude ancienne sur la rive sud du détroit d'Hudson. *Archéologique*, 11(12): 69-77.
- Pinard, C., 2001. Where are the Dorset Sites? State of Dorset Occupation on the South Shore of Hudson Strait, *Anthropological Papers of the University of Alaska, New Series*, 1(1): 55-71.
- Pinard, C. et D. Gendron, 2009. The Northern world AD 900-1400. Dans: Mashner, H., Mason, O., McGhee, R. (Eds), *Salt Lake City: The University of Utah Press*, 346 p.
- Plumet, P., 1979. Thuléens et Dorsétiens dans l'Ungava (Nouveau-Québec). In: *Thule eskimo culture: An anthropological retrospective*, McCartney A.P. (Ed.), Ottawa: Archaeological Survey of Canada, Mercury Series, 88: 110-121.
- Plumet, P., 1994. Le Paléoesquimaude dans la baie du Diana (Arctique québécois). Dans: *Threads of arctic prehistory*, Morrison D. et J.L. Pilon (Eds.), *Papers in honour of William E. and Taylor Jr.*, Hull: Canadian Museum of Civilization, Archaeological Survey of Canada, Mercury Series, 149: 103-142.
- Plumet, P., 1997. L'importance archéologique de la région de Kangirsujuaq au Nunavik (Arctique québécois): Un centre chamanique dorsétien. Dans: *Fifty years of Arctic research, anthropological studies from Greenland to Siberia*, Gilberg R. et H.C. Gullov (Eds.), Copenhagen: *Ethnographical Series*, 18, Département of Ethnography, National Museum of Denmark, 249-260.



Plumet, P. et P. Gangloff, 1987. Contribution à l'étude du peuplement des côtes du Québec arctique et de son cadre paléogéographique. *Études Inuit Studies*, 11: 67-90.

Polunin, N., 1951. The real arctic: suggestions for its delimitation, subdivision and characterization. *Journal of Ecology*, 39 : 308-315.

Pourtois J.P. et H. Desmet, 2007. Epistémologie et instrumentation en sciences humaines, Mardaga P. (Ed.), Bruxelles, 235 p.

Ramsden, P. et J.A. Tuck, 2001. A Comment on the Pre-Dorset/Dorset Transition in the Eastern Arctic. *Anthropological Papers of the University of Alaska New Series*, 1: 7-11.

Reimnitz, E. et D.K. Maurer, 1979. Effects of Storm surges on the Beaufort Sea coast, northern Alaska, Arctic. *Journal of the Arctic Institute of North America*, Calgary, 32: 329-344.

Richard, P.J.H., 1981. Paléophytogéographie postglaciaire en Ungava, par l'analyse pollinique. *Collection Paléo-Québec*, Montréal: Université du Québec à Montréal, 13 p.

Richard, P.J.H., 1987. Le couvert végétal au Québec-Labrador et son histoire post-glaciaire. Notes et documents, université Montréal, département de Géographie, n°87-01, Montréal, Québec.

Richard, P.J.H., 1995. Le couvert végétal du Québec-Labrador il y a 6000 ans BP. *Géographie physique et Quaternaire*, 49 : 117-140.

Richard, P.J.H., Larouche, A. et M.A. Bouchard, 1982. Âge de la déglaciation finale et histoire postglaciaire de la végétation dans la partie centrale du Nouveau-Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 36: 63-90.

Richard, P.J.H. et P. Grondin, 2009. Histoire postglaciaire de la végétation. Dans : Saucier *et al.*, Chapitre 4, « Écologie forestière » pp. 170-176, dans : *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec*, pp. 165-316 , Manuel de foresterie, 2<sup>e</sup> édition, Ouvrage collectif, Éditions MultiMondes, Québec, 1510 p.

Richmond, A.D. et K.D. Faush, 1995. Characteristics and function of LWD in subalpine Rocky Mountains streams in northern Colorado. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52(8): 1789-1802.

Richter, H.G., Grosser, D., Heinz, I. et P.E. Gasson, 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA Journal*, 25(1), 1-70.

Rigor, I., 1992. Arctic Ocean buoy program. *ARGOS Newsletter*, 44: 1-3.

Ritchie, J.C., 1987. *Postglacial Vegetation of Canada*. Cambridge University Press, 192 p.

Ritchie, J.C., 1984. *Past and Present Vegetation in the Far Northwest of Canada*. University of Toronto Press, Toronto, Canada 251 p.

Roy, C., 2008. Archaeological Investigations at the Mouth of the Little Whale River (GlGe-9, GlGe-10) and Evaluation of Richmond Fort (HaGb-11), Lake Guillaume-Delisle, Hudson Bay, Québec. Presented to Cree Regional Authority and Avataq cultural Institute, Copies available from Avataq Cultural Institute, AR 251.

Saladin d'Anglure, B., 1963. Découverte de pétroglyphes à Qajartalik sur l'île de Qikertaaluk, North/Nord, 9(6) : 34-39.

Salvigsen, O., 1981. Radiocarbon dated raised beaches in Kong Karls Land, Svalbard, and their consequences for the glacial history of Barents Sea area. *Geografiska Annaler*, 63 (A): 283-291.

Saucier, J.P., Grondin, P., Robitaille, A., Gosselin, J., Morneau, C., Richard, P.J.H., Brisson, J., Sirois, L., Leduc, A., Morin, H., Thiffault, É., Gauthier, S., Lavoie, C. et S. Payette, 2009. Écologie forestière, dans *Ordre des Ingénieurs Forestiers du Québec, Manuel de Foresterie (2<sup>e</sup>Eds)*. Québec, Ouvrage collectif, Multimondes (Eds), 165-316.

Savelle, J.M., 1987. Collectors and Foragers. Subsistence-Settlement System Change in the Central Canadian Arctic, A.D. 1000-1960. *BAR International Series*, n°358, Oxford, 336 p.

Savoie-Zack, L., 1997. L'entrevue semi-dirigée, dans : Gauthier B., *Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données*, (3<sup>e</sup> Ed.), Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec.

Schledermann, P., 1976. The Effects of Climatic/Ecological Changes on the Style of Thule Culture Winter Dwellings. *Arctic and Alpine research*, 8(1): 37-47.

Schweingruber, F.H., 1977. Results of the examination made on charcoal from Umingmak. Dans: Hans Müller-Beck (dir.), *Excavations at Umingmak on Banks Island, N. W. T., 1970 et 1973: Preliminary Report*, Tübingen, Verlag Archaeologica Venatoria Institute für Urgeschichte der Universität Tübingen, *Urgeschichtliche Materialhefte*, 1: 105-111.

Schweingruber, F.H., 1990. Anatomie europäischer Hölzer, *Anatomy of European Wood*. Bern und Stuttgart (Eds), Haupt, 800 p.

Selltiz, C., Wrightsman L.S., Cook, S.W. et D. Bélanger, 1977. Dans: *Les méthodes de recherche en sciences sociales*, HRW (Eds.), Montréal, 606 p.

Service Hydrographique et océanographique de la marine, 1974. *Mer de Norvège, Mer de Barents, Mer Blanche et Océan Arctique. Instructions Nautiques, Serie E*, vol. 5, Paris.

Simon, T., 1982. Sur la formation et l'évolution des polynies arctiques (archipel canadien et Groenland). Dans: *Norvège*, 116: 585-598.

Sirois, L., 1990. The transition between boreal forest and tundra. Dans: *A systems analysis of the global boreal forest*, Shugart, H.H., Leemans, R. et G.B. Bonan (Eds), Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 196-215.

Smith, E.A., 1991. Inujjamiut Foraging Strategies Evolutionary Ecology of an Arctic Hunting Economy. Aldin de Gruyter, New-York, 455 p.

Smith, M. et B. Rigby, 1981. Distribution of polynyas in the Canadian Arctic. Dans: Polynyas in the Canadian Arctic, Stirling, I et H. Cleator, Can. Wildlife Serv., Occ., 45: 7-28.

Stanford, D., 1976. The Walakpa Site, Alaska – It's Place in the Birnirk and Thule Cultures. Smithsonian Contribution to Anthropology, n°20, Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 226 p.

Stevenson, I.M., 1968. A geological reconnaissance of Leaf River Map Area, New-Québec and Northwest Territories. Geological Survey of Canada, Mémoire 356, 14 p.

Stevenson, M.G., 2010. L'éthique et la recherche en collaboration avec les communautés autochtones. Réseau de gestion durable des forêts, 18 p.

Stewart, T.G. et J. England, 1983. Holocene Sea-Ice Variations and Paleoenvironmental Change, Northernmost Ellesmere Island, N.W.T., Canada. University of Colorado, Arctic and Alpine Research, 15(1): 1-17.

Stockwell, C.H., McGlynn, J.C., Emslie, R.F., Sanford, A.W., Norris, J.A., Donaldson, J.A., Fahrig, W.F. et K.L. Currie, 1972. Dans: Géologie du Bouclier canadien dans Géologie et ressources minérales du Canada, Douglas R.J.W. et Tremblay L -P (Eds.), Geological Survey of Canada, Economic Geology Report, 1 : 49-166.

Straneo, F. et J.F. Saucier, 2008. The Arctic-Subarctic exchange through Hudson Strait. Dans: Springer Netherlands (Eds.), Earth and Environmental Science, 249-261.

Stuiver, M. et P.J. Reimer, 1993. Extended 14C database and revised CALIB radiocarbon calibration program, Radiocarbon, 35: 215-230.

Tacon, P.S.C., 1983. An Analysis of Dorset Art in Relation to Prehistoric Culture Stress. Études/Inuit/Studies, 7(1): 41-65.

Talon, B., 1997. Anatomical and comparative study of *Larix decidua* Mill. and *Picea abies* L. Karst. wood charcoal. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Serie III Sciences de la Vie, 320(7): 581-588.

Taylor, W.E., 1965. The Arnepik and Tyara sites: An archaeological study of Dorset culture origins. Thèse de doctorat, Université du Michigan, 129 p.

Taylor, W.E., 1968. The Arnepik and Tyara sites. An archaeological study of Dorset culture origins. Memoirs of the Society for American Archaeology, No. 22. Sait Lake City: Society for American Archaeology, 129 p.

Todisco, D., 2008. Géoarchéologie et processus de formation d'un site paléoesquimau en contexte périglaciaire : l'exemple de Tayara (KBFK-7), île Qikirtaq, Nunavik (Québec nordique). Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 275 p.

- Todisco, D. et N. Bhiry, 2008a. Palaeoeskimo site burial by solifluction: periglacial geoarchaeology of the Tayara site (KbFk-7), Qikirtaq Island, Nunavik (Canada). *Geoarchaeology*, 23: 177-211.
- Todisco, D. et N. Bhiry, 2008 b. Micromorphology of periglacial sediments from the Tayara site, Qikirtaq Island, Nunavik (Canada). *Catena*, 76: 1-21.
- Todisco, D., Bhiry, N. et P. Desrosiers, 2009. Paleoeskimo site taphonomy: an assessment of the integrity of the Tayara site, Qikirtaq island, Nunavik, Canada. *Geoarchaeology: An International Journal*, 24(6): 743-791.
- Tompson, A., 2011. A zooarchaeological analysis of a late Dorset faunal assemblage from the KcFs-2 site (Nunavik, Quebec), Mémoire de maîtrise, Département d'Anthropologie, Université de Montréal, Montréal, 154 p.
- Turner, L.M., 2001. *Ethnology of the Ungava District, Hudson Bay Territory*. McGill-Queen's Press - MQUP, 190 p.
- Tremblay, L-B, Mysak L.A. et A.S. Dyke, 1997. Evidence from drift-wood records for century-to-millennial scale variations of the high latitude atmospheric circulation during the Holocene. *Geophys. Res. Lett.*, 24: 2027-2030.
- Treshnikov, A.F., 1977. Water masses of the Arctic Basin. Dans: *Polar Oceans Arctic Institute of North America*, Dunbar M.J. (Ed.), Calgary, 17-31.
- Trumbull, D.J. et H. Desmet, 1991. Learning to Ask, Listen and Analyze: Using Structured Interviewing Assignments to Develop Reflection in Preservice. *Science Teachers*”, *International Science Education*, 13(2) : 143-158.
- Van Stone, J.W., 1958. The origin of driftwood on Nunivak Island, Alaska. *Tree-Ring Bulletin*, 22: 12-15.
- Venet, J., 1986. *Identification et classement des bois français*, ENGREF, Nancy, 305 p.
- Viau, A. E., Gajewski, K., Sawada, M. C. et P. Fines, 2006. Millennial-scale temperature variations in North America during the Holocene. *Journal of Geophysical Research*, 111: D0912.
- Walker, D.A., Raynolds, M. K., Daniëls, F.J.A., Einarsson, E., Elvebakk, A., Gould, W.A., Katenin, A.E., Kholod, S., Markon, C.J., Melnikov, E.S., Moskalenko, N.G., Talbot, S.S.,
- Yurtsev, B.A. et les autres membres de l'équipe CAVM, 2005. The Circumpolar Arctic Vegetation Map. *Journal of Vegetation Science*, 16: 267-282.
- Wheeler, R. et C. Alix, 2004. *Economical and Cultural Significance of Driftwood*. Dans: *Coastal Communities of Southwestern Alaska, Fairbanks, Report to the Cooperative Extension Services*, 46 p.

Wilson, C.V., 1968. Notes on the climate of Poste-de-la-Baleine, Québec. *Nordicana*, 24: 1-93.

Wishart, R. et A. Murray, 2001. Report on driftwood use prepared for the Gwich'in renewable resource board and Ross Weim. Gwich'in Renewable Resources Board, Inuvik, Northwest Territories, Department of Anthropology, University of Alberta, Edmonton, 22 p.

Yamaguchi, D.K. et F.C. Brunstein, 1991. Special sanding films and sand papers for surfacing narrow-ring increment cores. *Tree-Ring Bulletin*, 51:43-46.

Zutter, C., 2012. The shrubs in the forest: The use of woody species by 18th-century Labrador Inuit. *Etudes Inuit Studies*, 36 (1): 139-155.

## CHAPITRE 1

# **A study of the composition, characteristics and origin of modern driftwood on the western coast of Nunavik (Quebec, Canada)**

Steelandt, Stéphanie<sup>1,2</sup>; Dominique Marguerie<sup>2</sup>, Najat Bhiry<sup>1</sup>, Ann Delwaide<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Département de géographie et Centre d'études nordiques,  
Université Laval, Pavillon Abitibi-Price  
2405, rue de la Terrasse  
Québec (Québec) G1V0A9, Canada

<sup>2</sup> Laboratoire Archéosciences,  
UMR 6566 CReAAH, Université de Rennes 1  
Campus de Beaulieu  
35042 Rennes cedex, France

<sup>3</sup> Faculté de Foresterie, de géographe et de géomatique  
Université Laval, Pavillon Abitibi-Price  
2405, rue de la Terrasse  
Québec (Québec) G1V0A9, Canada

## RÉSUMÉ

Les données sur le bois flotté sont importantes dans des domaines aussi divers que l'océanographie, la géomorphologie et l'occupation humaine. Pourtant, les recherches sur le sujet sont récentes dans l'Arctique canadien et celle-ci est la première au Nunavik (nord-est du Canada). Ce papier documente la composition, les caractéristiques et l'origine des bois flottés trouvés sur les plages de la côte est de la baie d'Hudson. Au total, 1 057 échantillons de bois flottés provenant des environs d'Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq ont été identifiés comme appartenant à quatre espèces de conifères (*Picea* sp., *Larix* sp., *Abies* sp. probablement *balsamea* et *Thuja* sp. probablement *occidentalis*) et quatre espèces de feuillus (*Salix* sp., *Populus* sp., *Alnus* sp. et *Betula* sp. probablement *papyrifera*). L'épinette prédomine largement alors que le bouleau « blanc », le cèdre « blanc » et le sapin sont rares. La présence de ces espèces témoigne d'une origine des bois au sud et sud-ouest de la Baie de James. Les bois flottés trouvés dans les aires plus au sud (Umiujaq) sont plus nombreux, plus larges et moins dégradés qu'au nord (Ivujivik). Néanmoins, beaucoup de larges bois de conifères ont été trouvés jusqu'à Akulivik et ont donc probablement voyagé sur de longues distances contrairement aux plus petits bois (notamment les feuillus). Tous les bois analysés sont morts relativement jeunes à l'âge moyen de 63 ans pour les conifères et 23 ans pour les feuillus. Les mesures des largeurs de cernes et les interdatations des échantillons de bois flottés avec les séries de référence d'arbres vivants le long de la baie d'Hudson et de la baie de James révèlent que beaucoup d'entre eux proviennent probablement de ces aires.

## ABSTRACT

Data concerning driftwood is of value in fields as diverse as oceanography, geomorphology and human occupation. Yet, studies on the subject in the Canadian Arctic have only recently been carried out and the present study is the first in Nunavik (north-eastern Canada). This paper documents the composition, characteristics and origin of modern driftwood pieces on the beaches of the eastern coast of Hudson Bay. A total of 1 057 samples from Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq were identified as belonging to four coniferous species (*Picea* sp., *Larix* sp., *Abies* sp. likely *balsamea* and *Thuja* sp. likely *occidentalis*) and four deciduous species (*Salix* sp., *Populus* sp., *Alnus* sp. and *Betula* sp., likely *papyrifera*). Spruce largely predominate; white birch, white cedar and fir are rare. The presence of the latter species proves that some of the wood originated from south-southeast of James Bay. Driftwood found in the southern area (Umiujaq) are more numerous, larger and less degraded than in the north (Ivujivik). However, many large coniferous samples were found as far north as Akulivik, indicating that they likely travelled a great distance, unlike the smaller wood specimens (especially deciduous samples). All of the analyzed wood died relatively young, with an average age of 63 years for conifers and 23 years for deciduous. Measurements of ring widths and the cross-dating of driftwood samples with existing reference chronologies of living trees along Hudson Bay and James Bay reveal that many of them probably originated from these areas.



## 1. INTRODUCTION

The study of driftwood is of great interest to researchers in many different fields. In geomorphology, for example, knowing the accumulation rates for wood in rivers and channels may help to provide guidance concerning the maintenance of watercourses and assist in risk management. This is especially important where large driftwood becomes an obstacle to the flow of water through channels, bridges and dams [e.g. *Harmon et al.*, 1986; *Eklund*, 1995; *Gippel*, 1995; *Richmond and Faush*, 1995; *Watmough and Hutchinson*, 1996; *Hyatt and Naiman*, 2001; *Marcus et al.*, 2002; *Bonham-Carter*, 2005; *Mill*, 2005]. Driftwood analysis is also of use to oceanographers who wish to reconstruct spatiotemporal variations in ocean currents or study atmospheric circulation [e.g. *Giddings*, 1943; *Eggertsson*, 1994a; *Nansen*, 1975; *Johansen*, 1999; *Dyke et al.*, 1997; *Tremblay et al.*, 1997]. In paleo-climatology, driftwood analysis can be used to reconstruct the sequence of Holocene glaciation-deglaciation and to determine the duration of ice periods [e.g. *Blake*, 1961, 1970, 1972, 1975; *Haggbloom*, 1982, 1987; *Johansen*, 1998; *England*, 2008]. Finally, in sociology, history and archaeology, driftwood analysis helps to document the historical and contemporary use of wood [e.g. *Arnold*, 1994a; *Giddings*, 1952a; *Alix*, 2001, 2004, 2005, 2007, 2009, *Eckstein and Wrobel*, 2007]. The majority of studies such as these require the determination of the characteristics of the driftwood (species, size, age, origin etc.).

In Arctic and sub-Arctic areas, driftwood is transported by water across the ocean over long distances from boreal forests and forest tundra to tree-less areas (shrub tundra). Indeed, several studies have shown that during the thaw, flood and storm periods, trees are uprooted from the banks of rivers in the United States (Yukon, Kobuk, Noatak, etc.), Canada (Mackenzie, Horton, Nelson, etc.) and Siberia (Severnaya Dvina, Pechora, Ob, Yenisey, Khatanga, Lena, Indigirka, etc.). The wood is conveyed to the ocean where it floats in the open water and follows surface currents before being caught by the ice. Subsequently, the ice and driftwood are carried by surface currents and prevailing winds until the driftwood is deposited on beaches during the spring where it slowly dries out [*Alix*, 2001, 2006]. Weather conditions such as storms, winds, snow, and rain, thaw and flooding conditions, the strength and direction of fluvial and marine currents and circumpolar vegetation types are factors that can influence the erosion of the banks, the entry of trees into the water system, the quantity and quality of transported wood, the

direction of the wood in the water and the distribution and composition of driftwood on the beaches [Alix, 2005].

The first studies of Arctic driftwood began in Svalbard at the end of the nineteenth century and mainly sought to determine their geographic origin (e.g., Agardh, 1869). Since then, several studies of the composition, distribution and origin of driftwood have been conducted in different parts of the circumpolar zone (coasts of Alaska, Beaufort Sea and Amundsen, Arctic Archipelago, Baffin Bay, Greenland, Island, Norway, Russia, etc.) with an expanded interest in investigating sea-ice variations, environmental changes and the link between driftwood abundance and its use by local inhabitants. As yet, no such study has been undertaken in Nunavik. In this region, which is bounded by Hudson Bay in the west, Hudson Strait in the north and Ungava Bay in the northeast, a great quantity of driftwood of various sizes from different species of trees and shrubs may be found. This paper aims to address this data gap in the west coast of Nunavik by establishing a reference source for driftwood in this Low-Arctic region in order to document many of the factors summarized above. Our aim is to document the anatomical and morphological features of the wood (taxa distribution, description, and volume) and the tree rings (life span, season of death, dating and origin). The results will be situated within the broader context of the Canadian Arctic and the circumpolar region generally.

## **2. MATERIAL AND METHODS**

### **2.1 Territory and study areas**

Nunavik covers an area of approximately 507 000 km<sup>2</sup> in the northern third of the province of Quebec (Canada). The territory is delimited by Hudson Bay in the west, Hudson Strait in the north, Ungava Bay in the northeast, and Labrador in the east. Nunavik is separated from the James Bay region in the south by the 55th parallel (Figure 1). Figure 1 shows that the water flows south along the western shore of Hudson Bay and James Bay and then back north along the eastern shore. Surface waters flow east along the southern shore of Hudson Strait and along the coast of Ungava Bay in a counter-clockwise direction to reach downdrafts in the western shore of the Labrador Sea. The waters of Baffin Bay move along the coast of Baffin Island to the south through the Davis Strait and join the west side of Foxe Basin and the north shore of

Hudson Strait [Straneo and Saucier, 2008]. The population of Nunavik numbers more than 11,000 (of which 90% are Inuit) and is divided into 14 coastal villages [Robitaille and Choiniere, 1988]. This study was conducted near 4 villages located on the west coast of Nunavik: Ivujivik (which lies in herbaceous tundra), Akulivik and Inukjuak (which lie in shrub tundra), and Umiujaq (Richmond Gulf) (in the forest tundra) [Lavoie and Payette, 1996; Payette, 1996;] (Figure 1).

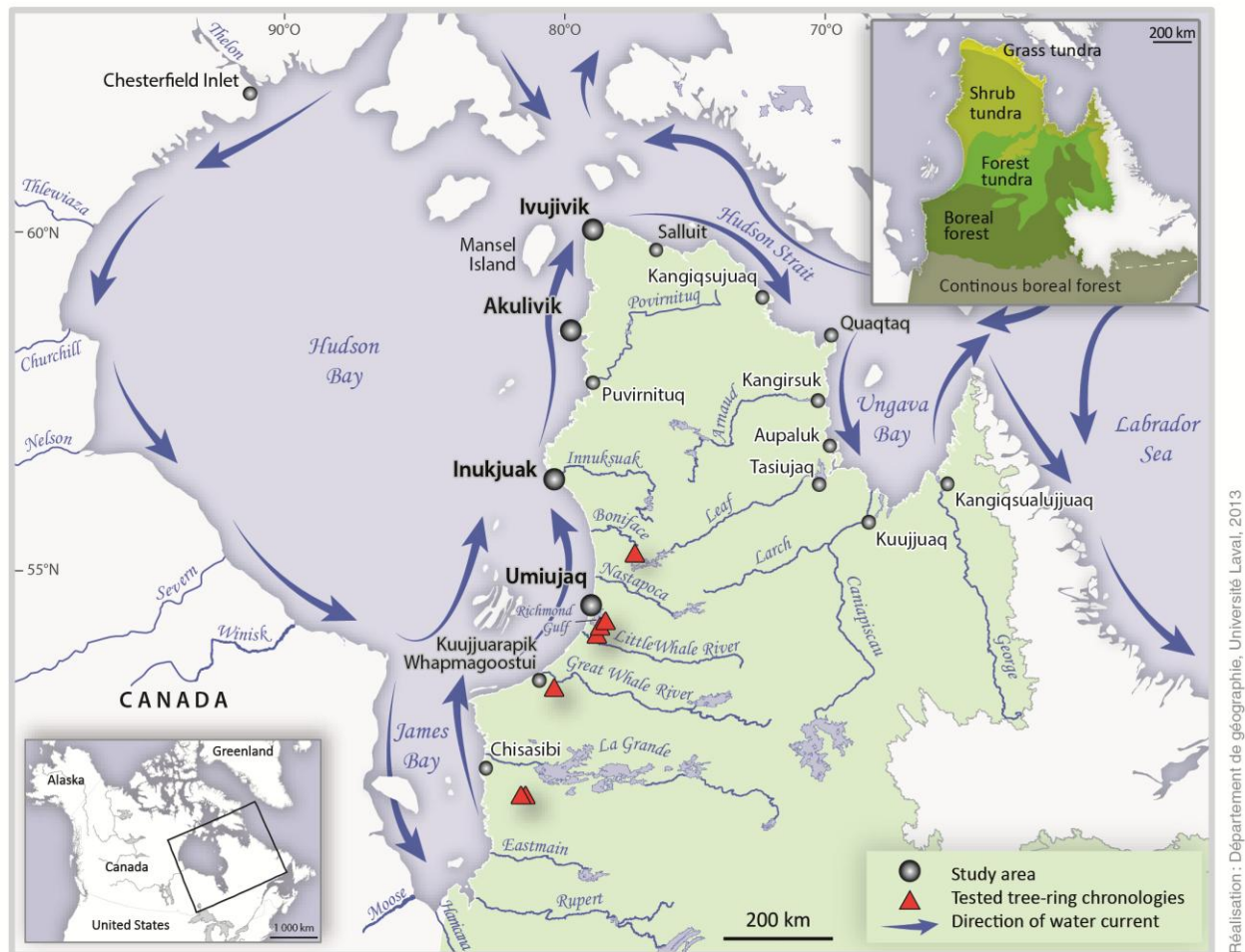


Figure 1 : Location of the four study areas (Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq) in Nunavik, the vegetation zones, the direction of water currents in Hudson Bays and James Bays and the tree-ring chronologies tested (Department of Geography, University Laval, 2013)

## 2.2 Collection, description and measurement of driftwood samples

The research protocol described here was implemented during field work in 2008, 2010 and 2011 in order to establish a database for driftwood on the western coast of Nunavik. Prospecting was done by foot along the beaches to study the driftwood samples lying

within the current tide line (a few meters from the shore) around the four villages and surrounding islands. On each bay that was accessible by boat or by foot, all of the dispersed driftwood samples were gathered, photographed, described in detail (e.g. with regard to their preservation status), measured (i.e. length, diameter and circumference) and the majority were collected (Table 1).

In the Ivujivik area, 314 driftwood samples were collected during the summers of 2008 and 2010. Of these, 72 were collected from bays in the southwest region of Digges Island, which is located about 15 km north of the village of Ivujivik. A further 242 wood samples were collected from beaches on the Nuvuk archipelago, which is located about 3.5 km from Ivujivik. This archipelago is composed of 3 small islands identified as NK1, NK2 and NK3 [*Aube-Michaud*, 2013]. There were 83 driftwood samples collected from NK1, 44 from NK2 and 115 from NK3. No wood was found near the village (Figure 2a).

In the Akulivik region, 136 driftwood pieces were described and measured in 2011; discs were collected using a saw, including 129 from Smith Island and 7 from the village itself (Figure 2b). Another 866 driftwood pieces from the Inukjuak area were studied: 72 from bays and beaches around the village, 226 near the Kongut River and 568 on Drayton Island, which is located 30 km south of the village (Figure 2c). Of these 568 samples from Drayton Island, 46 driftwood discs were collected during the 2008 campaign and 522 were measured, including 7 discs that were collected during the 2010 campaign.

In the Umiujaq area, a total of 256 driftwood pieces were described and measured in 2010; the discs were sampled using a chainsaw: 14 discs were collected from driftwood found around the village, 86 from the right bank at the mouth of the Clearwater River, 45 from Cairn Island, 39 from the Hazard Gulf complex in the Goulet Valley and 72 from Belanger Island (Figure 2d). A new sampling method had to be adopted on the southern part of Belanger Island because of the large amount of driftwood found there (Figure 3b). The first bay on the south of the island was divided into two zones (A and B), taking into account a natural separation between two large quantities of driftwood accumulations. Representative driftwood samples from the four main size categories (0-3 cm, 3-6 cm, 6-9 cm and greater than 9 cm in diameter) were collected in these two

zones (10 in area A and 15 in B). From out of the thousands of wood samples of all sizes, there were an estimated 200 with a diameter greater than 9 cm. Similarly, 9 driftwood discs were collected at a second bay located 1 km to the west of the island. Finally, 38 driftwood-discs were collected from a third bay on Belanger Island opposite to the “Goulet”, which accounts for 75% of the driftwood remains on the bay.

In total, 1572 driftwood pieces were examined from the four study areas, including 1526 measured and 1057 collected (Table 1). The volume of driftwood samples was calculated to facilitate the comparison of diameter and length in the four study areas. This theoretical volume of the wood, which does not take into account possible tapering or other log deformation, was calculated using the equation  $V = 3.14 \times R^2 \times H$  [Heath, 1953], where R is the radius of the wood and H is the height or length of the wood.

Table 1 : Summary table indicating the number of samples measured, collected, identified and selected for tree-ring analysis per study sites in the areas of Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq

	Number of samples measured	Number of samples collected and identified	Number of samples selected for tree-ring analysis
Nuvuk Island (Ivujivik)	242	242	12P + 1L
Digges Island (Ivujivik)	72	72	4P
Around the village (Akulivik)	7	7	/
Smith Island (Akulivik)	129	129	21P
Around the village (Inukjuak)	72	72	8P + 2L
Kongut river (Inukjuak)	226	226	10P + 1L
		7/522	
Drayton Island (Inukjuak)	522	+ 46 not measured from 2008	6P
Around the village (Umiujaq)	14	14	/
Clearwater river (Umiujaq)	86	86	7P + 2L
Belanger Island (Umiujaq)	72	72	10P
Cairn Island (Umiujaq)	45	45	6P + 5L
Goulet (Umiujaq)	39	39	1P
<b>All driftwood samples</b>	<b>1526</b>	<b>1057</b>	<b>96</b>

P: *Picea* sp.

L: *Larix* sp.



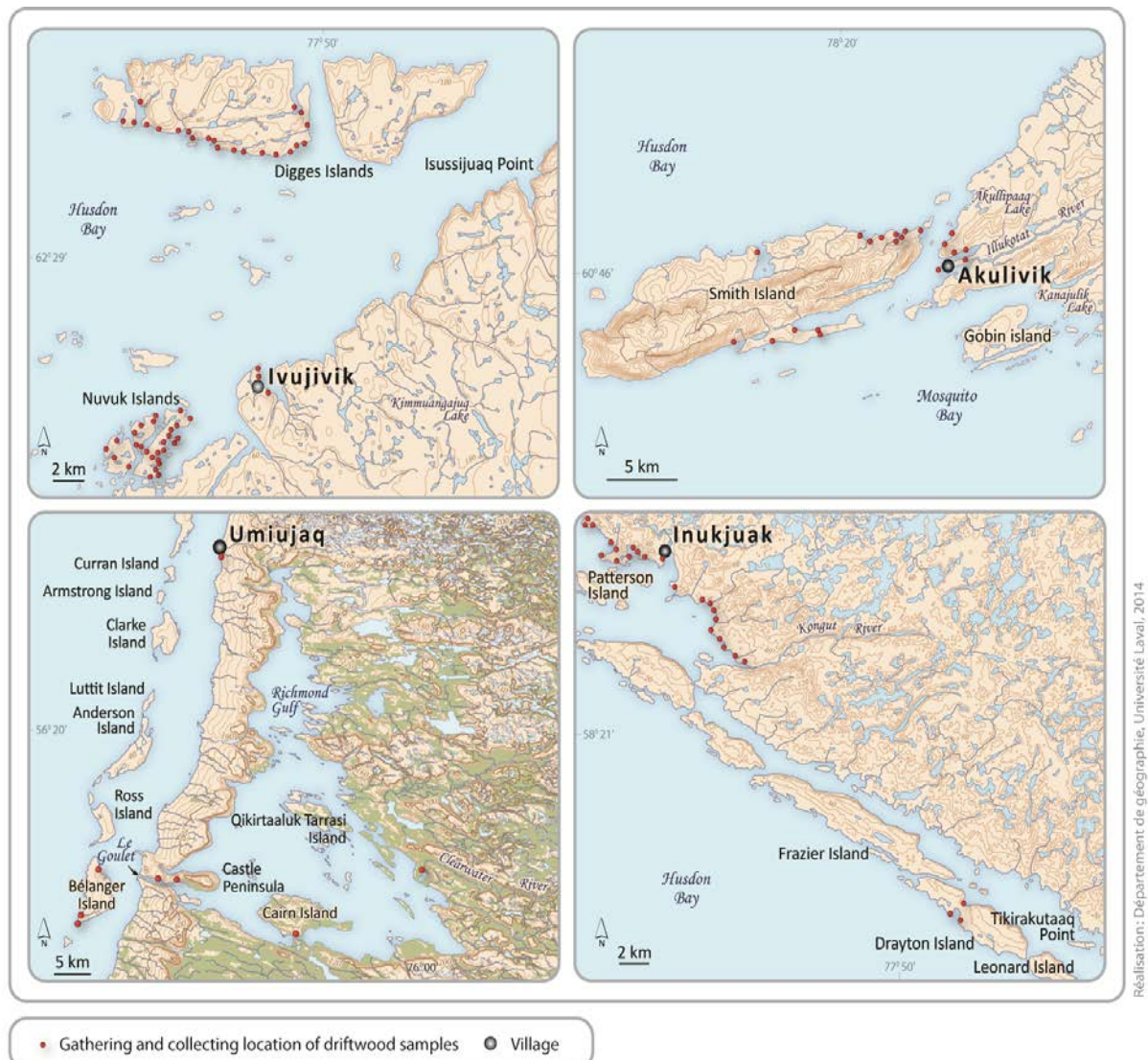


Figure 2 : Collection sites of driftwood samples in the regions of Ivujivik (a), Akulivik (b), Inukjuak (c) et Umiujaq (d) (red dots) (Department of Geography, University Laval, 2012)

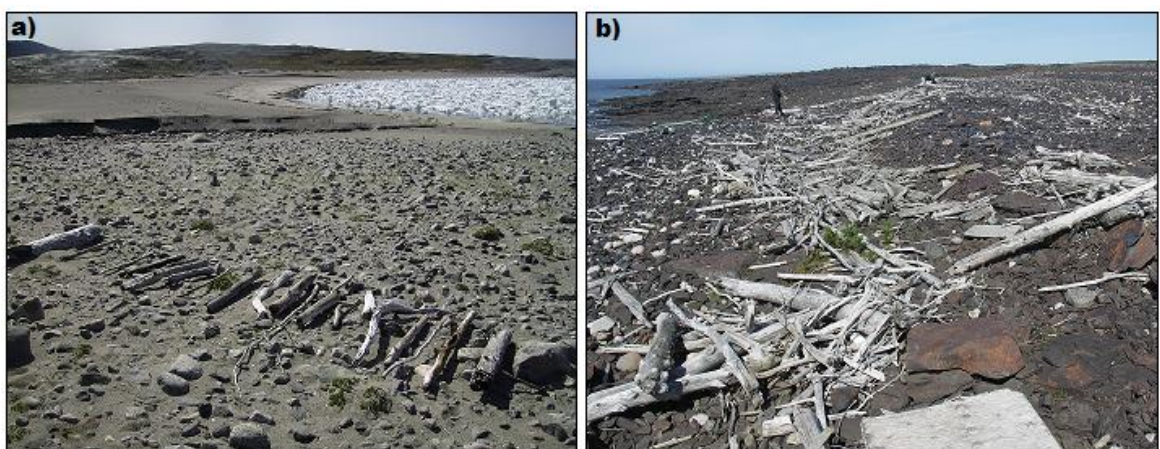


Figure 3 : Driftwood gathering on a beach of Smith island near Akulivik (a) and countless driftwood accumulating on Belanger island near Umiujaq (b)

### **2.3 Wood identification**

The driftwood samples were identified based on observations of transverse, radial and tangential sections using a light microscope [Marguerie *et al.*, 2000]. The structures from these sections were compared to the wood anatomy keys of Hoadley [1990], Schweingruber [1990] and to the reference collections from the Centre d'études nordiques (CEN) at Laval University (Quebec, Canada) and the Archéosciences laboratory of the University of Rennes 1 (France). Identification of some of the wood species was aided by consideration of the species distribution around the region, the morphological features and diameters of the samples.

The distinction between spruce (*Picea* sp.) and larch (*Larix* sp.) was based on the criteria set out in Bartholin [1979], Talon [1997] and Marguerie *et al.* [2000]. When it was too difficult to distinguish these two taxa, the driftwood was identified as "*Picea* sp./*Larix* sp.". Similarly, the term "*Salix* sp./*Populus* sp." was used when the heterogeneity/homogeneity of rays in the radial and tangential sections was barely detectable and did not allow to make an accurate distinction between these two genera.

### **2.4 Counting, measurement and observation of tree rings**

In this study, 94% of the collected driftwood samples were considered as integer (or full) (i.e. with the last year of growth) and were sanded down in order to count their tree rings and determine their life span. The width of the rings was measured using an electronic caliper and the average ring width was calculated by dividing the width of the tree rings by the number of tree rings. This was done for each of the species at the different sites. The mean of average ring widths of larch and spruce driftwood samples from the different study areas were compared with the mean of average ring widths of larch and spruce trees from Churchill, James Bay, Kuujjuarapik and Boniface (Table 2).

The width of the cells in the last year of growth of the driftwood samples can indicate the season of entry into the water. In temperate regions, trees produce earlywood (which is light coloured and has larger tracheids in conifers and has larger vessels in broadleaf trees) on 40-80% of a ring's growth in width for a year in early spring and produce

latewood (which is dark coloured and denser) in autumn due to the slowing-down and cessation of growth before the winter [Domec and Gartner, 2002]). In sub-Arctic areas, however, earlywood typically forms in June and latewood forms in the beginning of August [Denneker *et al.*, 2010]. Using a stereomicroscope, the last year of growth was observed on 53 coniferous and deciduous specimens selected from those that retained their bark and were suitable for dendrochronology. Characteristics of the outer cells were described according to their growth stage as follows: 1) earlywood, 2) between earlywood and latewood, and 3) latewood.

Table 2 : Average ring width of woods from living trees in the areas of Ivujivik, Inukjuak, Boniface river, Umiujaq and Kuujuaapik

Species	Villages	GPS location	Average growth ring width (mm)	Years	References
<i>Salix</i> sp.	Ivujivik	62°22' N; 78°05' W	0.3 ± 0.06 (n=3)	2002-2010	This study
	Inukjuak	58°15' N; 77°45' W	0.49 ± 0.12 (n=3)	1997-2010	This study
	Boniface river	57°42' N; 75°57' W	0.44 ± 0.3 (n=179)	1858-2001	Vallée and Payette, unpublished
	Umiujaq	56°32' N; 76°23' W	0.86 ± 0.12 (n=3)	2006-2010	This study
<i>Betula glandulosa</i>	Umiujaq	56°32' N; 76°23' W	0.28 ± 0.2 (n=96)	1923-2010	Pascale Ropars, unpublished
<i>Larix laricina</i>	Boniface river	57°42' N; 75°57' W	0.46 ± 0.29 (n=47)	1725-1992	Filion <i>et al.</i> , 2010
	GRIC (Umiujaq)	56°32' N; 76°23' W	0.99 ± 0.63 (n=15)	1810-1993	Filion <i>et al.</i> , 2010
	Clearwater river	56°12' N; 79°01' W	0.6 ± 0.07 (n=3)	1965-2010	This study
	Kuujuaapik	55°17' N; 77°48' W	0.5 ± 0.36 (n=64)	1710-1987	Filion <i>et al.</i> , 2010
	James Bay	53°43' N; 78°01' W	0.81 ± 0.66 (n=15)	1836-1993	Filion <i>et al.</i> , 2010
	Churchill	58°46' N; 94°09' W	0.42 ± 0.2 (n=27)	1655-2000	Girardin <i>et al.</i> , 2005
<i>Picea glauca</i>	EB 20 (Umiujaq)	56°32' N; 76°32' W	0.53 ± 0.23 (n=3)	1778-2003	Caccianiga and Payette, unpublished
	Belanger island	56°09' N; 76°44' W	0.7 ± 0.31 (n=44)	1669-2002	Caccianiga and Payette, unpublished
	Kuujuaapik	55°18' N; 76°41' W	0.62 ± 0.19 (n=26)	1618-2004	Caccianiga <i>et al.</i> , 2008
	Churchill	58°46' N; 94°09' W	0.5 ± 0.12 (n=35)	1600-2001	Girardin <i>et al.</i> , 2005
<i>Picea mariana</i>	Boniface river	57°43' N; 76°05' W	0.21 ± 0.12 (n=29)	1476-1985	Vallée and Payette, 2004
	Kuujuaapik	55°18' N; 76°41' W	0.41 ± 0.19 (n=22)	1700-2003	Caccianiga and Payette, unpublished
	James Bay	53°43' N; 78°01' W	0.65 ± 0.21 (n=40)	1803-1996	Nicault and Begin, unpublished
	Churchill	58°46' N; 94°09' W	0.32 ± 0.14 (n=55)	1556-2000	Girardin <i>et al.</i> , 2005



## 2.5 Tree-ring analysis

Unlike dendro-ecological studies on archaeological wood where the samples are contemporary to one another and come from the same location [Daly, 2007; Daly and Nymoén, 2008], the modern driftwood in this study likely originates from various regions. Consequently, it was not possible to build a chronology from different pieces of driftwood to find their origin. However, some driftwood samples were cross-dated with existing reference chronologies from the coasts of Hudson Bay and James Bay, both of which are possible originating sites. Of the 1 057 collected samples, 96 were selected in the laboratory for tree-ring analysis in order to determine their-origin (16 spruces and 1 larch from Ivujivik, 21 spruces from Akulivik, 24 spruces and 3 larches from Inukjuak, and 25 spruces and 6 larches from Umiujaq). These samples had several common characteristics. They all: a) came from a trunk, b) were totally preserved (with pith and cambium), c) were well-identified, d) had a significant number of tree rings (over 60) (although we note that only cross-dating that uses over 100 tree rings is considered to be statistically reliable), and e) could be measured on a ray without reaction wood. After the samples were dried out and sanded down, the tree-ring widths were measured with a precision of 0.02 mm on one or two opposite radii (where possible) using a Velmex unislide stage micrometer interfaced with a computer. Dendro 2009 software was used (CEN, Laval University) and the tree-ring curves were verified and standardized using a cubing spline (66% of the total tree-rings) to remove the age effect [Fritts, 1976]. Finally, the average curves for each sample were cross-dated with seven existing reference chronologies of spruce and larch trees from four areas in the southeastern shores of Hudson Bay and James Bay as follows: (i) the James Bay area with the chronologies of Grande Rivière/Radisson/Duncan/La Grande/LG-2 at 53°43'N-78°01'W, (ii) the Kuujuarapik area with the chronologies of Kuujuarapik/Oxyriale/Sibbaldiale/Trientale at 55°17'N-77°48'W, (iii) the Richmond Gulf area with the chronologies of Belanger Island at 56°09'N-76°44'W and Goulet/Richmond Gulf at 56°32'N-76°23'W, and (iv) the Boniface area with the chronologies of Inuk at 57°33'N-75°02'W, Boniface river at 57°42'N-75°57'W and Rivière aux feuilles at 57°48'N-73°14'W. These reference chronologies are specified in Table 3 and designated by black triangles in Figure 1. For these modern driftwood samples, only the most recent chronologies were tested in order to limit the possible correlations and only the most recent dates with the best correlations were selected. We

regarded a  $T > 3.5$  as being an acceptable match. Diagnostic rings (particularly light rings), when present, facilitated the cross-dating [Filion *et al.*, 1986; Wang *et al.*, 2000].

Table 3 : Tree ring chronology tested as reference series from the west southern shores of Hudson Bay and James Bay

Species	Site	Location	Time span	Reference (author)
<i>Picea glauca</i>	Goulet	56°32'N-76°23'W	1669-2002	Caccianiga et Payette, 2006
	Guillaume-Delisle	?	1628-1982	Jacoby, unpublished
	Bélanger island (EB9)	56°09'N-76°44'W	1669-2002	Caccianiga et Payette, 2006
	Oxyriale	55°17'N-77°48'W	1685-2002	Caccianiga, Payette et Filion, 2008
	Sibbaldiale	55°17'N-77°48'W	1653-2002	Caccianiga, Payette et Filion, 2008
	Trientale	55°17'N-77°48'W	1675-2002	Caccianiga, Payette et Filion, 2008
<i>Picea mariana</i>	Boniface river	57°42'N-75°57'W	1415-1986	Bégin, unpublished
	Grande Rivière (GR1)	53°43'N-78°01'W	1803-1993	Bégin-Nicault, unpublished
	Radisson Ouest (GR3)	53°43'N-78°01'W	1776-1993	Bégin-Nicault, unpublished
	Duncan	53°43'N-78°01'W	1684-1995	Bégin-Nicault, unpublished
<i>Larix laricina</i>	Rivière aux feuilles	57°48'N-73°14'W	1690-1992	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
	Boniface river	57°42'N-75°57'W	1725-1992	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
	Inuk	57°33'N-75°02'W	1796-1992	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
	Richmond Gulf	56°32'N-76°23'W	1810-1993	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
	Kuujjuarapik	55°17'N-77°48'W	1710-1987	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
	La Grande	53°43'N-78°01'W	1836-1993	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
	LG2-A	53°43'N-78°01'W	1843-2004	Yann Arlen-Pouliot, unpublished

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 Anatomical and morphological features of driftwood pieces

##### 3.1.1 - Taxa distribution

Among the 1 057 driftwood samples collected along the west coast of Nunavik, eight taxa were identified. Four of them are coniferous: spruce (*Picea* sp.), larch (*Larix* sp.), cedar (likely white cedar: *Thuja occidentalis*) and fir (likely balsam fir: *Abies balsamea*). The other four taxa are deciduous: willow (*Salix* sp.), poplar (*Populus* sp.), alder (*Alnus* sp.) and birch (likely white birch: *Betula papyrifera*). Spruce and willow are the two main types of driftwood found on the study sites. The proportion of spruce per site is between 21.43% around Umiujaq village and 59.72% on Digges Island (Ivujivik), while the proportion of willow per site ranges from 12.5% on Digges Island (Ivujivik) to 56.19% along the Kongut River (Inukjuak). Larch, poplar and alder appear

to be less abundant than spruce and willow on the study sites, except for the alder around Umiujaq and the Clearwater River, where the proportions are 35.71% and 23.26% respectively. Finally, white birch, white cedar and fir are exceptionally rare with only two samples of white cedar from Belanger Island (Umiujaq), one sample of white cedar from Drayton Island (Inukjuak), one fir from Nuvuk Island (Ivujivik) and one white birch from Belanger Island (Table 4).

These results are consistent with the species found in the American forest tundra and boreal forest, which are dominated by black spruce (*Picea mariana*) in the east and white spruce (*Picea glauca*) in the west [Row, 1972; Payette, 1983; Alix, 2001]. The other species present in the forest tundra and boreal forests in lower quantities include: tamarack-larch (*Larix laricina*), jack pine (*Pinus banksiana*), balsam poplar (*Populus balsamifera*), trembling poplar (*Populus tremuloides*) and, more rarely, balsam fir (*Abies balsamea*) and white birch (*Betula papyrifera*). All of these species reach their northern limit in Quebec between Hudson Bay and Ungava Bay [Payette, 1976; Comtois and Payette, 1987]. Other species in the forest tundra are only distributed in the south of James Bay. These include: white cedar (*Thuja occidentalis*), white pine (*Pinus strobus*) and red pine (*Pinus resinosa*), whereas others are still present in the herbaceous tundra such as dwarf birch (*Betula glandulosa*), green alder (*Alnus viridis*) and several species of willow (*Salix* sp.) [Langelier, 1887; Payette, 1976].

The presence of some of these species in the driftwood accumulations along the west coast of Nunavik helps us to trace their origins. Indeed, even though it is difficult to locate a precise origin from the presence of spruce, larch, willow, alder or poplar (given their wide geographical distribution along the North American, Siberian and Eurasian coasts), the presence of rare species such as balsam fir and white cedar allows us to confirm one of the sources in the south of James Bay. Indeed, the range for balsam fir (*Abies balsamea*) in Quebec extends from 49°30' N to 53° 30' N into the coastal boreal forests of James Bay and south of Ungava Bay [Sirois, 1997]. Similarly, white cedar (*Thuja occidentalis*), which had already been found in the drift lines on the coast of James Bay (Manning, 1951), is endemic to eastern North America's temperate and boreal forests and reaches its northern limit in southern James Bay [Lemieux, 2010] (Figure 4). Since these two species are not present in the vegetation of the west coast of James Bay and Hudson Bay, and given that the water flows up the east coast of James

Bay and Hudson Bay to the north [*Straneo and Saucier, 2008*], it is likely that the driftwood collected along the west coast of Nunavik originated from southeastern James Bay and Hudson Bay. However, since the waters of Hudson Bay flow south along the western shores of Hudson Bay and James Bay and then go back north along the eastern shore, the western part of Hudson Bay and James Bay cannot be excluded as a potential originating site for the other driftwood species. The only white birch sample found on Belanger Island could have come from the Richmond Gulf, where some trees were found by *Rousseau* [1974], or from southern regions such as the extreme south of James Bay.

Pine is commonly found among the contemporary driftwood logs deposited on the Arctic, European and Asiatic coasts in Russia, Greenland, Svalbard and Iceland due to the importance of the logging industry in these regions [*Eggertsson, 1994; Johansen, 1998, 2001; Hellmann, 2013*]. Conversely, this taxon is very rare (and typically absent) in the contemporary driftwood logs of the Arctic American coasts due to the fact that it does not grow in the interior of Alaska [*Alix, 2005; 2012*]. In our study, the absence of pine in the driftwood accumulations of Nunavik is an unexplained fact. However, it may have some connection to the fact that the geographic northwestern limit of the jack pine is located more inland of the eastern James Bay coast [*Langelier, 1887; Asselin et al., 2003*]. In addition, the area of distribution of the white pine and the red pine is further south in the boreal forest, far from Hudson Bay and James Bay [*Burgess et al., 2011*].

Studies in the west of North America corroborate our own finding that birch is virtually absent from the driftwood accumulations, although it is abundant along the rivers. *Alix* [2004] attributes the low rate of this taxon in Alaskan driftwood to its low resistance to agents that prompt deterioration and to the permeability of its bark, which keeps the wood moist and accelerates its degradation. In addition, *Haggbloom* [1982] notes that birch has one of the lowest rates of floating (no more than 6 months) while the maximum period of buoyancy is approximately 10 months for aspen, 6 to 10 months for willow, 10 months for larch and up to 17 months for spruce. Furthermore, if the buoyancy period of driftwood depends on the species of wood (conifers or hardwoods), it also depends on the degradation of the wood (e.g. presence of bark or a root system or cracks) as well as its size and volume [*Haggbloom, 1982; Alix, 2004*].

Table 4: Species distribution of coastal driftwood accumulations in the different sites at Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq

distribution, % (raw data)	(Ivujivik) n=242	(Ivujivik) n=72	(Akulivik) n=7	(Akulivik) n=129	(Inukjuak) n=72	(Inukjuak) n=226	(Inukjuak) n=53	(Umiujaq) n=14	(Umiujaq) n=86	(Umiujaq) n=72	(Umiujaq) n=45	(Umiujaq) n=39
<b>Conifers</b>												
<i>Picea</i> sp.	33.9 (82)	59.7 (43)	57.1 (4)	54.3 (70)	37.5 (27)	22.6 (51)	56.6 (30)	21.4 (3)	34.9 (30)	25 (18)	33.3 (15)	20.5 (8)
<i>Larix</i> sp.	5 (12)	1.4 (1)		0.8 (1)	9.7 (7)	2.2 (5)	1.9 (1)		4.6 (4)	5.6 (4)	15.6 (7)	12.8 (5)
<i>Picea/Larix</i> sp.	11.2 (27)	11.1 (8)		3.9 (5)	12.5 (9)	6.2 (14)	5.7 (3)		5.8 (5)	11.1 (8)	2.2 (1)	7.7 (3)
<i>Thuja</i> sp.							1.9 (1)			2.8 (2)		
<i>Abies/Tsuga</i> sp.	0.4 (1)											
<b>Hardwoods</b>												
<i>Salix</i> sp.	37.2 (90)	12.5 (9)	42.9 (3)	19.4 (25)	26.4 (19)	56.2 (127)	26.4 (14)	42.9 (6)	22.1 (19)	25 (18)	37.8 (17)	30.8 (12)
<i>Populus</i> sp.	3.3 (8)	4.2 (3)		11.6 (15)	1.4 (1)	0.4 (1)			4.6 (4)	19.4 (14)	2.2 (1)	10.3 (4)
<i>Salix/Populus</i> sp.	4.1 (10)	6.9 (5)		6.2 (8)	2.8 (2)	5.3 (12)	3.8 (2)		4.6 (4)	2.8 (2)		2.6 (1)
<i>Betula</i> sp.										1.4 (1)		
<i>Alnus</i> sp.	5 (12)	4.2 (3)		3.9 (5)	9.7 (7)	7.1 (16)	3.8 (2)	35.7 (5)	23.3 (20)	6.9 (5)	8.9 (4)	15.4 (6)

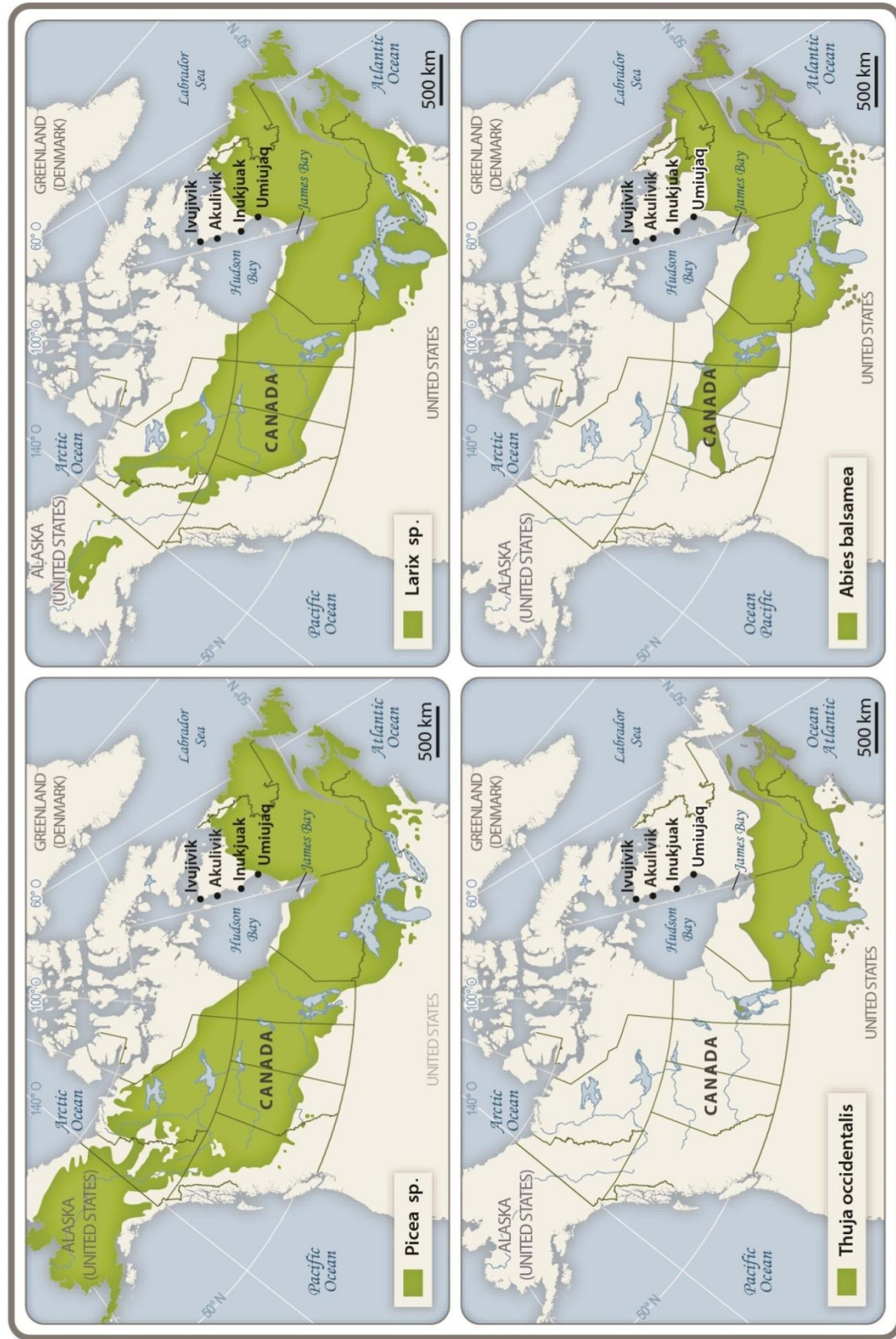


Figure 4: Current distribution of four conifer species in the American Arctic that were present in driftwood assemblages along the eastern coast of Hudson Bay: *Larix* sp., *Picea* sp., *Thuja occidentalis* and *Abies balsamea*, with the sampling sites.

### 3.1.2 - Morphological features: Presence of bark, root system, animal degradation and anthropogenic use

Several characteristics of the driftwood samples collected from each village were of particular interest. Among the described and collected driftwood samples in each village, 3% of those in Ivujivik had roots or a root system (i.e., trunk and strain), as compared to 9% in Akulivik, 6% in Inukjuak and 12% in Umiujaq. Moreover, only one piece of driftwood [deciduous] in Ivujivik retained its bark, as compared to 2% of driftwood samples in Akulivik, 6% in Inukjuak and 19% in Umiujaq that retained their bark (Table 5).

Table 5 : Morphological features of coastal driftwood accumulations in the studied sites

<b>Morphological features, % (raw data)</b>	<b>Ivujivik n=314</b>	<b>Akulivik n=137</b>	<b>Inukjuak n=866</b>	<b>Umiujaq n=256</b>
Presence of bark	< 1 % (1)	2 % (3)	6 % (52)	19 % (48)
Presence of root system	3 % (10)	9 % (12)	6 % (49)	12 % (30)
Presence of anthropogenic marks	< 1 % (1)	< 1 % (1)	2 % (19)	2 % (5)
Presence of animal degradation (terrestrial insects + beavers)			< 1 % (1)	3 % (1+6)

Based on these findings, we may infer that the state of degradation increases when the wood was found in northern locations. In Ivujivik, driftwood is generally much more degraded than in the south where it retains its roots and bark. This result supports the hypothesis that driftwood travels a greater distance in the water before reaching the northern beaches, which makes the likely point of origin somewhere in the south of Hudson Bay and James Bay. This finding applies to both coniferous and deciduous driftwood. Moreover, the modern driftwood samples did not degrade significantly, which is likely due to the scarcity of plants and poor microorganism growth in the beach sediments and soils. Indeed, these factors would have facilitated the decomposition of the wood, as is the case in the Alaskan Low Arctic where the extensive vegetation and numerous microorganisms contained in the soil cause the wood to decompose over a period of one to two centuries [Reimnitz and Maurer, 1979]. In the High Arctic environment, by contrast, soil alkalinity associated with the cold and arid climate severely limits the activation of microorganisms and the development of vegetation. This set of factors helps to preserve the wood [Dyke *et al.*, 1997]. In our study, only

fungal hyphae were found on the wood, which can be an important factor in the degradation of driftwood in the polar regions [*Jurgens et al.*, 2009; *Blanchette et al.*, 2010] (Figure 5a). For example, blue stain fungi and filamentous fungal hyphae were also recently found in stained wood sections (most frequently in pine) from Greenland and Svalbard [*Hellmann et al.*, 2013].

Some of the modern driftwood pieces show traces of human working such as axe marks, blunting, and burning. Such traces were found in less than 1% of the collection in Ivujivik and Akulivik, 2% in Inukjuak and 2% in Umiujaq (Table 5). Most of the examples are from coniferous species. In the past, driftwood held a vital importance in the daily lives of Paleo- and Neo-Eskimos who used it in the construction of houses, kayaks, and sleds or as firewood [*Alix*, 2001, 2006; *Steelandt et al.*, 2013]. However, interviews with local people in Nunavik revealed that they rarely use driftwood today, except for small and medium-sized driftwood to make fires when camping [*Steelandt et al.*, 2013]. This differs from Alaska, for example, where driftwood is still used for steam baths [*Alix and Brewster*, 2004]. Moreover, in Nunavik, local people may occasionally cut a few conifers during the summer in the forest tundra, but otherwise they use manufactured wood [*Steelandt et al.*, 2013]. This explains the negligible amount of worked and logged driftwood samples in our study when compared to other manufactured driftwood pieces in the form of boards or boxes found on the west coast of Nunavik. This also contrasts with the situation in East Greenland and Svalbard, as recently analyzed by *Hellmann et al.* [2013], in which nearly half of all driftwood samples come from logged driftwood. Similarly, although beavers may also cause the trees to die, only 3% of the driftwood samples in Umiujaq had gnaw marks. This is a negligible amount for our study and was mainly restricted to poplars from the Clearwater River and Belanger Island that reach their northern limit in the region [*Comtois and Payette*, 1987] (Table 5). Such a low incidence of human and animal degradations on modern driftwood indicates that the main factors that caused the death of trees before they fell into the water are not anthropogenic but rather natural, climatic and environmental (e.g. disturbances due to storms, winds, and floods). Finally, only one driftwood sample in Inukjuak and one in Umiujaq showed traces of what could be described as cavities made by terrestrial insects such as the white-spotted sawyer (*Monochamus scutellatus*) of the northern forest [*Valientgoed*, 1991] (Figure 5b).



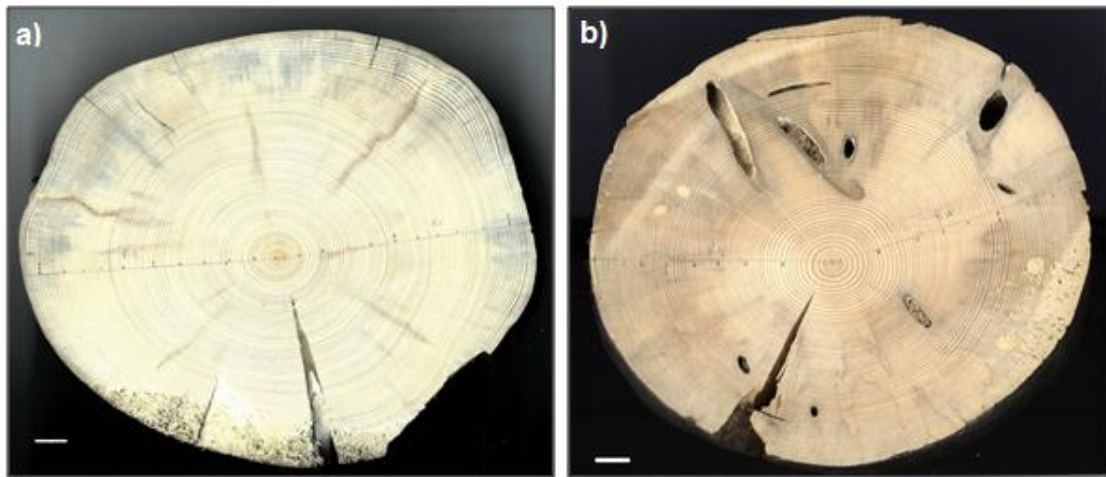


Figure 5 : a) Wood sample (*Picea* sp.) with blue stain fungi or filamentous fungal hyphae found along the Kongut River (Inukjuak) and b) Wood sample (*Picea* sp./*Larix* sp.) with terrestrial insect tunnels found on Smith Island (Akulivik)

### 3.1.3 - Shape and volume of driftwood

*Laeyendecker* [1993 a,b], *Eggertsson and Laeyendecker* [1995], *Dyke et al.* [1997] and *Alix* [2004, 2005] have shown that driftwood found in the High Eastern Arctic and Baffin Bay are often smaller (20 cm in diameter and less than 1 m in length) than in northwestern Alaska and southern Chukotka (which have an average diameter of 17 cm and a length of 3 m). In this study, the average morphologies of the driftwood pieces in the four villages were very different, especially in the northernmost Ivujivik region and in the southernmost Umiujaq region. Driftwood stranded on the grass tundra at Ivujivik are relatively small, with an average volume of  $3\,387 \pm 6\,470 \text{ cm}^3$  ( $n=174$ ) for conifer species (6 cm in diameter and 70 cm long on average) and  $1\,133 \pm 3\,060 \text{ cm}^3$  ( $n=140$ ) for deciduous species (3 cm in diameter and 46 cm long on average). By contrast, driftwood found in the forest tundra in Umiujaq are much larger with an average volume of  $19\,780 \pm 65\,351 \text{ cm}^3$  ( $n=112$ ) for conifer species (3.5 cm in diameter and 46 cm long on average) and  $14\,123 \pm 59\,748 \text{ cm}^3$  ( $n=143$ ) for deciduous species (5 cm in diameter and 108 cm long on average) (Figure 6). The greatest accumulation of large driftwood was observed in the southern coast of Belanger Island and included poplar samples that had an average volume of  $131\,191 \pm 14\,9750 \text{ cm}^3$  ( $n=14$ ) (Table 6). Compared to the Ivujivik and Umiujaq regions, driftwood found in the shrub tundra in Akulivik and Inukjuak has medium average morphologies with an average volume for coniferous samples of  $11\,721 \pm 34\,940 \text{ cm}^3$  ( $n=80$ ) at Akulivik and  $8\,526 \pm 24\,235 \text{ cm}^3$  ( $n=116$ ) at Inukjuak, and an average volume for deciduous samples of  $932 \pm 1\,923 \text{ cm}^3$  ( $n=56$ ) at Akulivik and  $1\,564 \pm 5\,076 \text{ cm}^3$  ( $n=187$ ) at Inukjuak (Figure 6).

It is especially noteworthy that deciduous samples are smaller at Akulivik than at Ivujivik and coniferous samples are on average larger at Akulivik than at Inukjuak. The data used in Figure 6 to calculate the average volumes at Inukjuak only takes into account four coniferous and three deciduous specimens that were collected and identified from Drayton Island, but 522 pieces of driftwood were described and measured on the island and had an average volume of  $21\,803 \pm 5\,526\text{ cm}^3$  (Table 6). Figure 7 shows the proportion of the three categories of driftwood volumes calculated from all of the driftwood data in each study area. Akulivik still has the greater proportion of large logs (over  $10\,000\text{ cm}^3$ ) at 14%, as compared to 9% at Inukjuak. Less surprisingly, the large samples represent only 5% of the samples at Ivujivik in contrast to 16% at Umiujaq. There is a high proportion of small driftwood ( $<2000\text{ cm}^3$ ) in the four villages: 75% at Ivujivik, 66% at Akulivik, 70% at Inukjuak and 65% at Umiujaq. The proportion of medium driftwood with a volume between  $2\,000$  and  $10\,000\text{ cm}^3$  is about 20% in each village (Figure 7).

Driftwood samples with large volumes are more numerous in the Umiujaq region in the south, which is closer to their potential source points in the forest tundra or boreal forest. However, water currents also seem to favor the transport of many large driftwood pieces, especially conifers on Smith Island at Akulivik as compared to Drayton Island at Inukjuak, where they are less numerous. These large driftwood specimens seem not to have reached Ivujivik further north. Except at Nuvuk Island, where the logs are relatively small, there seems to be a greater number of large logs on the coasts of the outer islands than in the “interior” drainage basin or river mouths. This is true of the Kongut and Clearwater Rivers, for example, where driftwood samples are smaller than at the other study sites (Table 6). This result can be explained by the presence of a high deciduous ratio such as a greater amount of willows at the Kongut location, but it also provides a significant clue concerning the transportation of the wood

Moreover, the presence of large poplars in the southern part of Belanger Island suggests that they originated from the south of James Bay [Hustich, 1957; Roe, 1958; Cowell *et al.*, 1991]. Given that the buoyancy of trees decreases rapidly along with wood volume [Haggbloom, 1982] and since deciduous wood is typically smaller, the deciduous wood is less prone to be transported by water than conifers. The smallest broadleaf driftwood

samples can be definitively identified as originating from sources close to the four villages in the study.

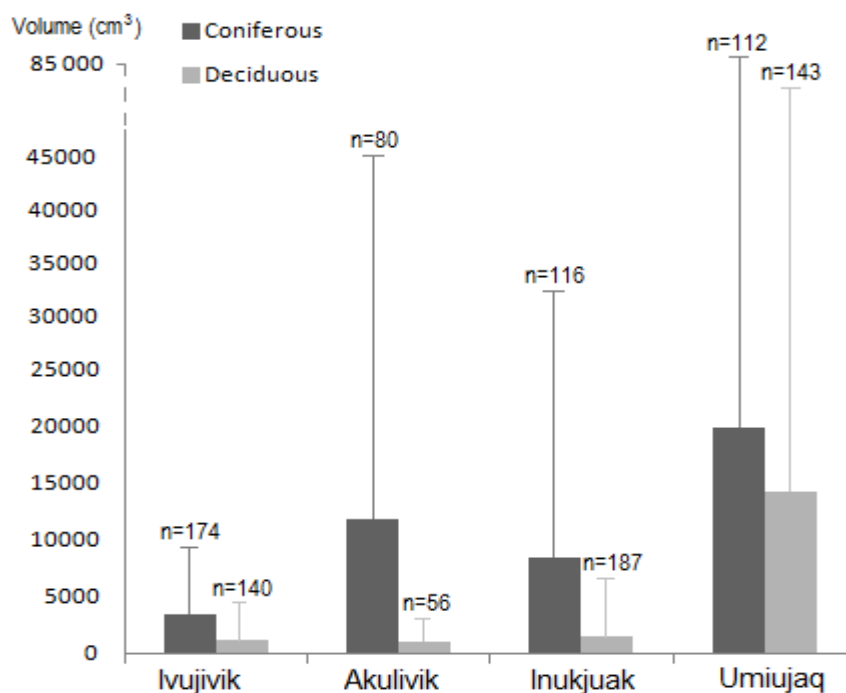


Figure 6 : Average volumes of driftwood samples at the study sites

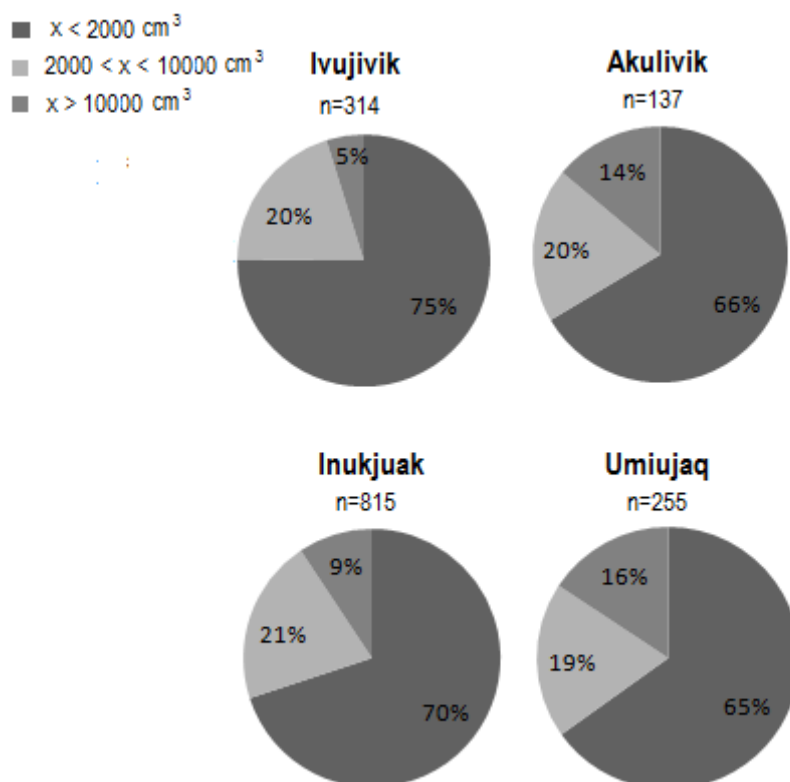


Figure 7 : Proportion of three classes of driftwood volumes in the study sites

Table 6: Mean dimensions (diameters, lengths and volumes) of driftwood samples per taxon in the study sites

Mean dimensions per taxon : diameter, length, volume (cm <sup>3</sup> )									
	IVUJIK			AKULIK			INUKUAK		
	Nuvuk island	Diggs island	Around the village	Smith island	Around the village	Kongit river	Drayton island	Around the village	Clearwater river
UMUJUAQ									
							Belanger island	Caim island	Goulet complexe
<b>Picea sp</b>	Diameter	5.80 ± 3.64 (n=82)	6.51 ± 3.21 (n=43)	7.31 ± 5.3 (n=70)	6.46 ± 4.68 (n=27)	6.70 ± 4.46 (n=51)	7.80 ± 3.30 (n=2)	14.67 ± 6.11 (n=3)	6.2 ± 2.37 (n=30)
	Length	61.05 ± 41.79 (n=82)	103.81 ± 77.15 (n=43)	108.66 ± 86.79 (n=70)	79.59 ± 69.21 (n=27)	109.08 ± 85.40 (n=51)	36.5 ± 13.44 (n=2)	202 ± 23.52 (n=3)	117.63 ± 98.97 (n=30)
	Volume	2771 ± 5838 (n=82)	5601 ± 9904 (n=43)	10436 ± 33027 (n=70)	7644 ± 20259 (n=27)	9272 ± 29954 (n=51)	1399 ± 1289 (n=2)	39878 ± 31307 (n=3)	5507 ± 8489 (n=30)
<b>Larix sp</b>	Diameter	7.16 ± 5.14 (n=12)	11 (n=1)	6 (n=1)	9.42 ± 6.71 (n=7)	15.36 ± 16.99 (n=5)	3.5 (n=1)	10.75 ± 3.40 (n=4)	12 ± 2.94 (n=4)
	Length	41 ± 19.74 (n=12)	133 (n=1)	350 (n=1)	64.5 ± 39.28 (n=7)	51.71 ± 23.36 (n=5)	210 (n=1)	103.75 ± 34.79 (n=4)	176.25 ± 176.25 (n=4)
	Volume	2046 ± 2537 (n=12)	14533 (n=1)	98.91 (n=1)	9638 ± 14771 (n=7)	1439 ± 2735 (n=5)	2019 (n=1)	10221 ± 6796 (n=4)	24212 ± 30899 (n=4)
<b>Picea sp/larix sp</b>	Diameter	5.72 ± 3.94 (n=27)	6.5 ± 2.92 (n=8)	7.8 ± 5.76 (n=5)	7.56 ± 7.21 (n=9)	6.96 ± 2.65 (n=14)	7.56 ± 7.21 (n=9)	8 ± 5.43 (n=8)	4.6 ± 3.52 (n=5)
	Length	50.83 ± 31.77 (n=27)	89.63 ± 30.67 (n=8)	2046 ± 22977 (n=5)	72.12 ± 48.58 (n=9)	95 ± 31.09 (n=14)	204 ± 307.63 (n=5)	204 ± 307.63 (n=5)	63.4 ± 56.58 (n=5)
	Volume	1916 ± 2415 (n=27)	3794 ± 4580 (n=8)	32249 ± 67009 (n=5)	11917 ± 30540 (n=9)	4428 ± 4673 (n=14)	25185 ± 57688 (n=8)	25185 ± 57688 (n=8)	3033 ± 6193 (n=5)
<b>Thuja sp</b>	Diameter						13.5 (n=1)	6.78 ± 7.42 (n=2)	
	Length						476 (n=1)	170 ± 151.32 (n=2)	
	Volume						67813 (n=1)	15712 ± 22062 (n=2)	
<b>Abies sp</b>	Diameter	4 (n=1)							
	Length	15 (n=1)							
	Volume	188 (n=1)							
<b>Salix sp</b>	Diameter	2.62 ± 2.44 (n=90)	3.72 ± 1.73 (n=9)	2.55 ± 1.42 (n=25)	2.84 ± 2.14 (n=19)	3.14 ± 2.33 (n=123)	4 ± 1.41 (n=2)	2.67 ± 0.68 (n=6)	3.55 ± 1.38 (n=19)
	Length	39.13 ± 23.54 (n=90)	63.88 ± 40.50 (n=9)	49.24 ± 22.99 (n=25)	43.27 ± 29.69 (n=19)	76.89 ± 49.32 (n=123)	200.5 ± 80.1 (n=2)	52.5 ± 22.46 (n=6)	97.84 ± 54.4 (n=19)
	Volume	679 ± 3097 (n=90)	1190 ± 1579 (n=9)	320 ± 460 (n=25)	622 ± 1705 (n=19)	1016 ± 2169 (n=123)	2942 ± 258 (n=2)	267 ± 9154 (n=6)	1029 ± 885 (n=19)
<b>Populus sp</b>	Diameter	7.62 ± 2.52 (n=8)	6.17 ± 2.36 (n=3)	5.5 ± 2.3 (n=15)	7.5 (n=1)	9 (n=1)	4.5 ± 1.29 (n=4)	18.78 ± 11.13 (n=14)	4.5 ± 1.29 (n=4)
	Length	65.25 ± 32.51 (n=8)	62.33 ± 35.16 (n=3)	76.67 ± 41.40 (n=15)	90 (n=1)	84 (n=1)	249.07 ± 209.89 (n=14)	249.07 ± 209.89 (n=14)	136 ± 64.33 (n=4)
	Volume	3512 ± 2908 (n=8)	2054 ± 1740 (n=3)	2543 ± 3147 (n=15)	3974 (n=1)	5341 (n=1)	131191 ± 140750 (n=14)	131191 ± 140750 (n=14)	18111 ± 1388 (n=4)
<b>Salix sp/Populus sp</b>	Diameter	6.7 ± 3.21 (n=10)	5.4 ± 0.54 (n=5)	1.94 ± 0.56 (n=8)	4 ± 0.8 (n=2)	3.64 ± 2 (n=11)	3 (n=1)	2 ± 0.61 (n=5)	4.0 ± 0.91 (n=4)
	Length	51.9 ± 26.57 (n=10)	57.2 ± 32.58 (n=5)	77.75 ± 36.44 (n=8)	93 ± 40.2 (n=2)	84.91 ± 31 (n=11)	73 (n=1)	56 ± 13.28 (n=5)	81.5 ± 71.71 (n=4)
	Volume	2988 ± 5112 (n=10)	1294 ± 575 (n=5)	288 ± 333 (n=8)	1168 ± 91.8 (n=2)	1277 ± 1802 (n=11)	516 (n=1)	177 ± 6750 (n=5)	135 ± 1568 (n=4)
<b>Alnus sp</b>	Diameter	3.04 ± 2.42 (n=12)	6.17 ± 1.04 (n=3)	2 ± 2 (n=5)	5.5 ± 4.66 (n=7)	4.07 ± 2.72 (n=14)	3 (n=1)	2 ± 0.61 (n=5)	3.5 ± 1.64 (n=20)
	Length	48.25 ± 43.58 (n=12)	88.33 ± 14.22 (n=3)	54.2 ± 19.84 (n=5)	108.71 ± 120.41 (n=7)	76.93 ± 45.48 (n=14)	73 (n=1)	56 ± 13.28 (n=5)	87.15 ± 95.14 (n=20)
	Volume	705 ± 111.58 (n=12)	2628 ± 704 (n=3)	438 ± 596 (n=5)	9953 ± 23827 (n=7)	1520 ± 2141 (n=14)	516 (n=1)	177 ± 6750 (n=5)	111 ± 1226 (n=20)
<b>Betula sp</b>	Diameter								
	Length								
	Volume								
<b>Mean all coniferous logs</b>	Diameter	5.89 ± 3.85 (n=122)	6.60 ± 3.17 (n=52)	7.31 ± 5.25 (n=76)	7.12 ± 5.54 (n=43)	6.66 ± 4.04 (n=70)	7.45 ± 4.45 (n=4)	14.67 ± 6.11 (n=3)	6.59 ± 3.16 (n=39)
	Length	56.44 ± 38.48 (n=122)	102.58 ± 71.47 (n=52)	118.16 ± 105.10 (n=76)	75.83 ± 60.97 (n=43)	102.5 ± 75.54 (n=70)	189.25 ± 206.85 (n=4)	202 ± 23.52 (n=3)	116.69 ± 102.03 (n=39)
	Volume	2489 ± 5000 (n=122)	5495 ± 8791 (n=52)	11864 ± 15674 (n=76)	8844 ± 21676 (n=43)	7784 ± 2578 (n=70)	18158 ± 31113 (n=4)	39878 ± 31307 (n=3)	7119 ± 13029 (n=39)
<b>Mean all deciduous logs</b>	Diameter	3.33 ± 2.95 (n=120)	4.88 ± 1.81 (n=20)	3.34 ± 2.25 (n=53)	3.71 ± 3.13 (n=29)	3.29 ± 2.39 (n=156)	3.67 ± 1.15 (n=3)	2.36 ± 0.71 (n=11)	3.65 ± 1.45 (n=47)
	Length	42.85 ± 27.56 (n=120)	65.5 ± 34.19 (n=20)	62.31 ± 33.24 (n=53)	63.14 ± 68.43 (n=29)	77.11 ± 45.29 (n=156)	158 ± 85 (n=3)	54.09 ± 18.06 (n=11)	93.45 ± 57.35 (n=47)
	Volume	1064 ± 3258 (n=120)	1551 ± 1941 (n=20)	972 ± 1971 (n=53)	3094 ± 12032 (n=29)	1192 ± 2257 (n=156)	2134 ± 2302 (n=3)	226 ± 9727 (n=11)	1157 ± 1123 (n=47)
<b>Mean all logs</b>	Diameter	4.63 ± 3.66 (n=242)	6.12 ± 2.95 (n=72)	5.87 ± 4.95 (n=129)	5.76 ± 4.99 (n=72)	4.34 ± 3.37 (n=206)	5.91 ± 5.49 (n=522)	5 ± 5.79 (n=14)	4.98 ± 2.79 (n=86)
	Length	49.70 ± 34.13 (n=242)	92.20 ± 65.26 (n=72)	98.88 ± 97.96 (n=129)	70.76 ± 63.88 (n=72)	84.97 ± 57.46 (n=206)	75.80 ± 56.33 (n=522)	85.79 ± 65.60 (n=14)	103.99 ± 81.05 (n=86)
	Volume	1782 ± 4278 (n=242)	4399 ± 7642 (n=72)	5079 ± 33831 (n=129)	6544 ± 3544 (n=72)	3234 ± 14682 (n=206)	5526 ± 21803 (n=522)	8523 ± 28978 (n=14)	3861 ± 9346 (n=86)
<b>Mean all logs</b>	Diameter	4.63 ± 3.66 (n=242)	6.12 ± 2.95 (n=72)	5.87 ± 4.95 (n=129)	5.76 ± 4.99 (n=72)	4.34 ± 3.37 (n=206)	5.91 ± 5.49 (n=522)	5 ± 5.79 (n=14)	4.98 ± 2.79 (n=86)
	Length	49.70 ± 34.13 (n=242)	92.20 ± 65.26 (n=72)	98.88 ± 97.96 (n=129)	70.76 ± 63.88 (n=72)	84.97 ± 57.46 (n=206)	75.80 ± 56.33 (n=522)	85.79 ± 65.60 (n=14)	103.99 ± 81.05 (n=86)
	Volume	1782 ± 4278 (n=242)	4399 ± 7642 (n=72)	5079 ± 33831 (n=129)	6544 ± 3544 (n=72)	3234 ± 14682 (n=206)	5526 ± 21803 (n=522)	8523 ± 28978 (n=14)	3861 ± 9346 (n=86)

### 3.2 Tree rings study

#### 3.2.1 - Life span of driftwood samples

Taking into account the total collection of driftwood pieces, we found that the average life span for coniferous wood (larch, spruce, white cedar, and fir) is  $62.85 \pm 7.19$  years ( $n=424$ ) while the average life span for deciduous wood (willow, alder, poplar and white birch) is  $22.93 \pm 2.43$  years ( $n=504$ ). The youngest driftwood samples are deciduous and come from Ivujivik. They have an average life span of  $19.40 \pm 14.81$  years ( $n=121$ ). The oldest samples are conifers from Umiujaq that have an average life span of  $76.72 \pm 50.89$  years ( $n=90$ ). These estimates take into account the fact that, for the most part, the last rings may be missing as a result of being torn off with the bark. Thus, the driftwood collected died relatively young given that the life expectancy ranges between 50 and 70 years for willow, alder, poplar and birch and between 300 and 800 years for larch, spruce, white cedar, and fir [Henderson, 2013]. Some studies have confirmed that trees in the northern boreal forest are younger because of the numerous fires in the region [Lavoie and Sirois, 1998; Bergeron *et al.*, 2001]. However, very few driftwood samples in this study appear to have been burned or have fire scars. In the boreal forests of North America, wide-scale environmental disturbances affecting trees are typically the result of insect outbreaks such as Larch sawfly (*Pristiphora erichsonii* (Hartig)) [Maclean, 1984; Baskerville, 1986; Morin and Laprise, 1990; Senecal *et al.*, 2003]. Moreover, meteorological circumstances can also have a significant impact on tree mortality. Local weather conditions such as storms, precipitation, and wind influence the frequency of floods and bank erosion, which cause trees to fall into rivers and streams [Alix, 2004]. Wind is considered to be one of the most significant exogenous factors contributing to the mortality of trees throughout the world [Dunham and Cameron, 2000; Skatter and Kucera, 2000; Canham *et al.*, 2001]. In Nunavik, riverbank erosion during the break-up also has a strong influence on the mortality of trees. Degradation of permafrost in river banks triggered the collapse of soil in the forest tundra [Jolivel, 2014]. Consequently, many landslides and erosion gullies occur and cause sedimentary input as well as the falling of trees into the fluvial network. As a result of all (or some) of these external factors (and in addition to many biological factors such as tree size, species and morphology), the young trees are generally weaker than the older trees. Consequently, they may be more likely to fall along the banks [Webb, 1988; Peterson and Pickett, 1991; Dyer and Baird, 1997; Cameron and

*Dunham, 1999*]. In our study, the presence of reaction wood in the last year of growth observed on several whole wood logs may indicate that these trees survived several years of unstable conditions before falling into a river and being transported from the site of origin. Finally, the last narrow tree rings on some of the driftwood samples may also indicate unstable and difficult conditions at the end of the life of these trees such as their tilting on the river banks because of erosion, potential meteorological factors or insect contamination.

### 3.2.2 - Season of death and entry into the water

Observation of the final tree rings on 53 driftwood samples (coniferous and deciduous) that retained their bark revealed that 88.68% (47) of them died at the end of the growing season (during the latewood genesis). This means that most of them could have fallen in the spring during breakup (just before the start of the growing season) or in the fall and winter when the winds are strongest. The growing season between June and the end of August may be excluded as possible times of entry. In contrast, only two of the driftwood samples stopped their growth during the period of earlywood formation and would therefore have detached from the banks during the spring or early summer. In four other driftwood specimens, growth had ended just before latewood formation, indicating that these trees would certainly have died and then entered the water later in the summer.

The seasonal arrival of driftwood on the coasts was not anticipated by Inuit people from the Nunavik villages, unlike the inhabitants from Alaska. This difference in expectation can be explained by the fact that Inuit rarely collect driftwood today on the beaches in Nunavik and so they do not pay close attention to its arrival [*Steelandt et al., 2013*]. It is also possible that driftwood arrives on the coasts in different seasons. Indeed, some of them may arrive on the east coast of Hudson Bay just after falling into the water in the fall. It is more likely that most of them arrive on the beaches just after falling into the water at the beginning of the spring break-up or after having been trapped in the ice during the winter.

This driftwood cycle would be the same as that seen along the Yukon and Kuskokwim Rivers in Alaska, where the wood begins to move in the springtime [*Alix and Brewster,*

2004; Alix, 2006]. Both hypotheses are very likely true: some dead wood is likely transported and stranded on the beaches during the fall but most of the them is likely carried by ice during the winter and travels great distances from the forest tundra to the shrub tundra. In this scenario, the wood remains above the water and becomes stranded on the beach at breakup in the beginning of spring. Several seasons may also pass between the death of trees and their subsequent recovery by water and ice.

### 3.2.3 - Hypothesis concerning the origin and dating of driftwood samples by tree ring analysis

#### a) Average ring width analysis

With regard to spruce and larch driftwood (*Picea* sp., *Larix* sp., or *Picea/Larix*), the bar charts for the villages show a geometric frequency distribution of the values for the average ring width from 0-0.5 mm to 2-2.5 mm for *Picea* sp. and from 0-0.5 mm to 1.5-2 mm for *Larix* sp (Figure 8). Such a distribution indicates that most of the driftwood samples of these two species probably came from heterogeneous populations where the growth patterns were different. However, this hypothesis does not differentiate between two species of *Picea* that have different growth rates (i.e. *Picea mariana* and *Picea glauca*). In all cases, the wood specimens from species with a wider average ring width appear to be less numerous and likely come from sites where the growing conditions are favorable, such as the extreme south of James Bay [Meunier, 2007]. By contrast, the driftwood samples that have a narrower average ring width likely originated further north where climatic conditions are colder and inhibit tree growth. This is true for the Boniface River, for example, where the average ring width would be relatively narrow, around  $0.46 \pm 0.29$  mm for *Larix laricina* [Filion et al., 2010] and  $0.18 \pm 0.14$  mm for *Picea mariana* [Vallée and Payette, 2004] (Table 2).

For the driftwood samples of willow, alder and poplar (*Salix* sp., *Alnus* sp., *Populus* sp. or *Salix/Populus*) collected from the villages, the bar chart shows a unimodal frequency distribution of average ring width values of 0.5-1 mm (Figure 8). Such a distribution reveals that most of the driftwood samples for these three species came from populations where the growth conditions were similar and relatively harsh. Measurements of some living willow specimens in Ivujivik, Inukjuak, Boniface River and Umiujaq show average ring widths in the range of 0-0.5 mm and 0.5-1 mm (Table 2).

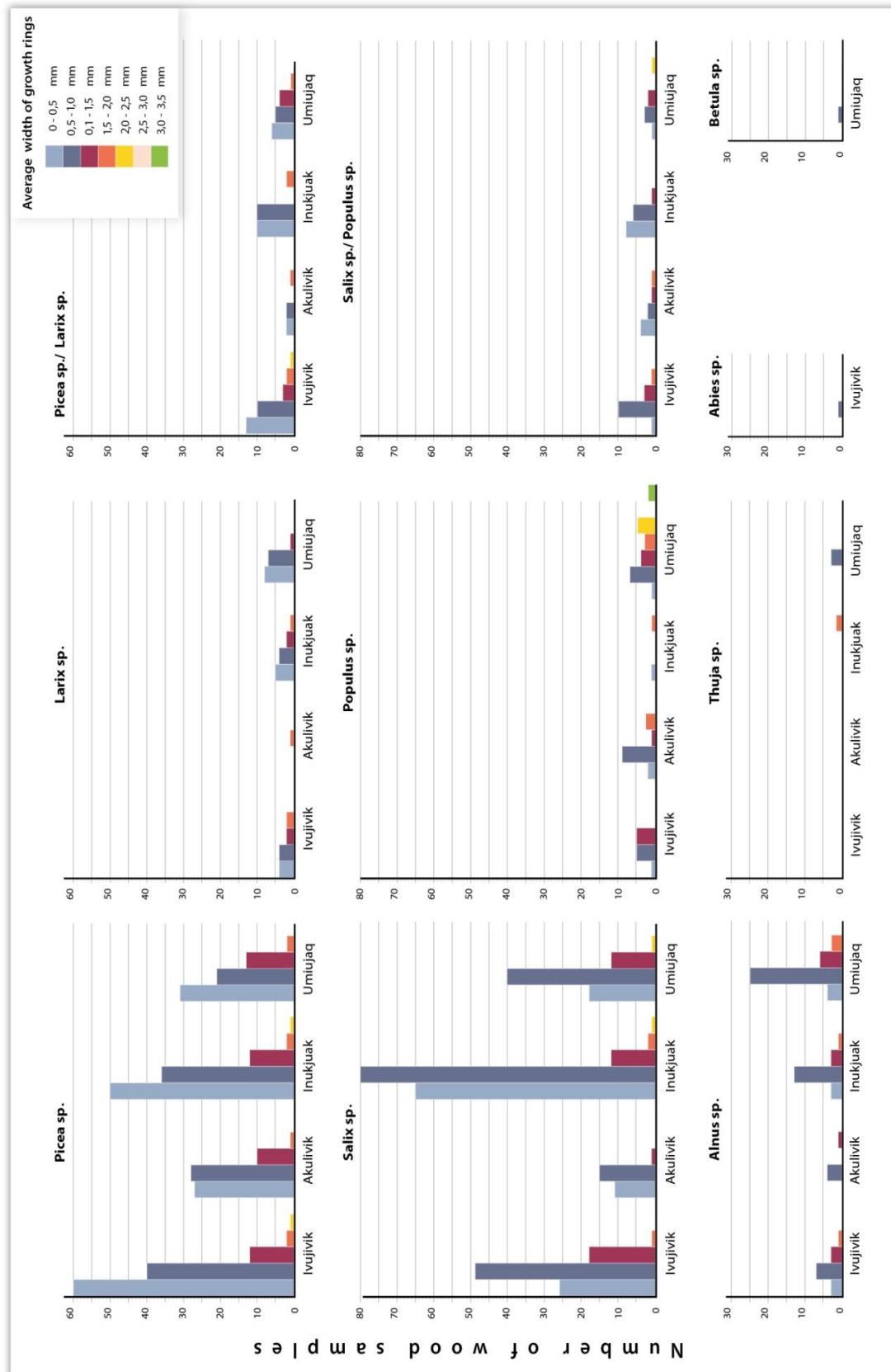


Figure 8: Histograms showing the frequency distribution of classes of the average ring width of driftwood samples in the four villages (Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq) for each taxon (*Picea* sp., *Larix* sp., *Picea* sp./*Larix* sp., *Salix* sp., *Populus* sp., *Alnus* sp., *Thuja* sp., *Abies* sp., *Ulmus* sp., *Betula* sp.)



Consequently, willow driftwood samples with average ring widths of 0-0.5 mm are probably specific to each study area, while willow driftwood samples with wider average ring widths of 0.5-1 mm likely originated from trees that grew in better conditions in southern areas.

The two driftwood samples of white cedar from Umiujaq have an average ring width in the range of 0.5-1 mm, and the only log from Inukjuak has a ring width in the range of 1.5-2 mm (Figure 8). No comparison of average ring width could be carried out with other white cedar trees, but the fact that this species can only be found in the south of James Bay suggests they come from that area. Moreover, only one fir specimen from Ivujivik and one white birch sample from Umiujaq were found to have an average growth ring width in the range of 0.5-1 mm. The sample size is not sufficient to give statistically reliable information for these two species. Nevertheless, the birch found in Umiujaq could be of local origin since the average growth ring of this species around the village falls within the same range of 0.5-1 mm (Table 2).

*b) Comparison between the average ring widths of trees from different areas and driftwood samples*

Figure 9 compares the mean of average ring widths of larch driftwood samples and spruce driftwood samples from the different study areas with the mean of average ring widths of larch trees and spruce trees from Churchill, James Bay, Kuujjuarapik and Boniface (Table 2). The results show that, by transposition, the average ring widths of larch driftwood samples from Belanger Island in the Umiujaq area are closely matched to the average ring widths from trees along James Bay, with respective values of  $0.8 \pm 0.2$  mm (n=3) and  $0.81 \pm 0.66$  mm (n=15) [Filion et al., 2010] (Table 2). In the same area, the average ring widths of larch driftwood samples from the Goulet, Cairn Island and the Clearwater River in the Richmond Gulf are  $0.5 \pm 0.2$  mm (n=4),  $0.49 \pm 0.28$  mm (n=7) and  $0.7 \pm 0.5$  mm (n=4) respectively. These values cannot exclude the hypothesis that these specimens originated in southern areas between James Bay and Kuujjuarapik. However, their localization in the Richmond Gulf, which is only connected to Hudson Bay by a short passage called “Le Goulet”, makes it likely that the majority of the samples are of local origin. On Drayton Island, only one larch driftwood sample with an average ring width of 0.47 mm was measured and it could have originated in a southern area such as the Boniface River or Kuujjuarapik. By contrast, larch driftwood samples

found near the Kongut River and Inukjuak village that had values of  $0.8 \pm 0.4$  mm ( $n=5$ ) and  $0.8 \pm 0.5$  mm ( $n=5$ ) respectively more likely correspond to trees originating along James Bay ( $53^{\circ}43'$  N;  $78^{\circ}01'$  W). The only larch driftwood found on Smith Island (with an average ring width of 1 mm) could have come from southern regions such as the extreme south of James Bay or from GRIC ( $56^{\circ}32'$  N;  $76^{\circ}23'$  W), which is close to Umiujaq and is where 15 trees were measured and gave the same average values (Table 2). Similar hypotheses can be advanced for the larch driftwood samples from Nuvuk Island near Ivujivik, which have an average ring width of  $0.86 \pm 0.5$  mm ( $n=11$ ). The average ring width of the larch driftwood samples from the northernmost area of Digges Island is higher than the other samples (1.3 mm) and may have originated from manufactured woods, from environments with favorable micro-local conditions for tree growth, or from other unexplored regions in this study.

The mean of average ring widths for spruce driftwood samples from Ivujivik (Digges and Nuvuk Islands), Akulivik (Smith Island) and Inukjuak (the Kongut River and Drayton Island) are between 0.5 and 0.7 mm. If these spruce are in fact *Picea mariana*, then these samples could correspond, by transposition, to trees from along James Bay ( $53^{\circ}43'$  N;  $78^{\circ}01'$  W) that have average ring widths of  $0.65 \pm 0.21$  mm ( $n=40$ ) [Nicault and Begin, unpublished] (Table 2). In Umiujaq, the average ring widths of spruce driftwood samples from “Le Goulet”, Cairn Island and the Clearwater River are also in the same ranges (between 0.5 and 0.6 mm) and are probably local. In the same area, spruce driftwood samples from Belanger Island have an average ring width of  $0.8 \pm 0.4$  mm ( $n=22$ ), which suggests a southern origin (likely the extreme south of James Bay). Spruce driftwood samples found around Umiujaq village with a wider average ring width of  $1.2 \pm 0.2$  mm ( $n=3$ ) likely come from manufactured woods where the trees grew in relatively favorable climatic conditions or from environments with favorable micro-local conditions for tree growth.

Since the data indicate wider average ring widths for the driftwood samples as compared to trees from Churchill, it is reasonable to exclude this area from the list of potential sites of origin for the studied driftwood, but other origins in the west coast of Hudson Bay could be possible.

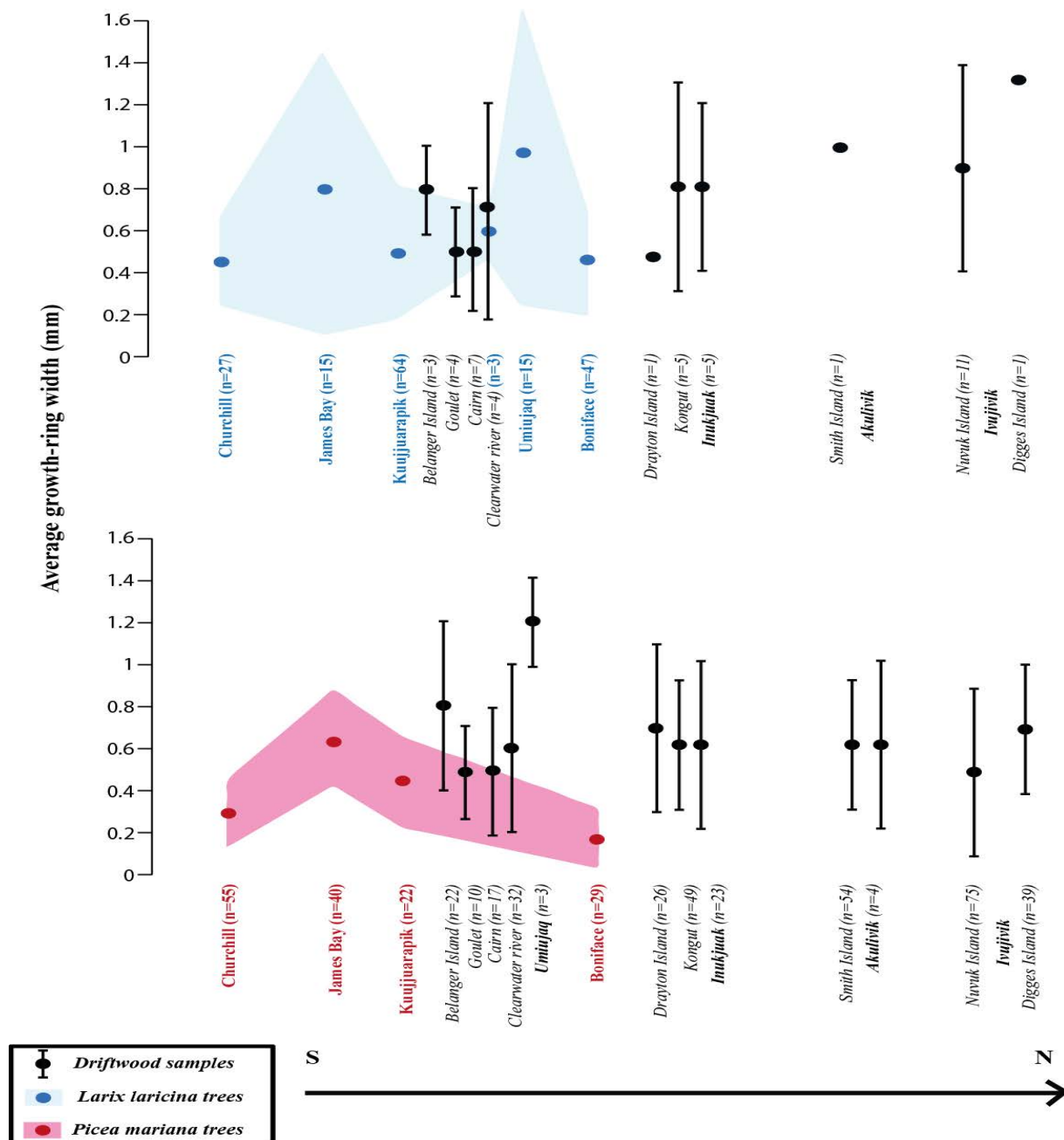


Figure 9 : Comparison of the average growth-ring widths of larch and spruce driftwood samples (black dots) with the average growth-ring widths of *Larix laricina* trees and *Picea mariana* trees from the areas of Churchill, James Bay, Kuujuarapik and Boniface (shaded areas). Except for the average growth-ring widths of trees from Churchill on the west coast of James Bay and Hudson Bay, the sites are organized along a S/N axis along the east coast of James Bay and Hudson Bay.

### c) Dendrochronology

Dendrochronology is an excellent tool for dating and determining the origin of driftwood [Oswalt, 1951; Van Stone, 1958; Giddings, 1941; Alix, 2008; Bonde, 1992; Jansma, 1992; Zunde, 1999; Bridge, 2000; Groves, 2000; Daly, 2007; Daly and Nymoen, 2008]. For example, some studies in Alaska dated spruce driftwood from accumulations located between Hooper Bay and Point Barrow using sequences from the Yukon and Tanana Flats [Alix, 2008]. In western North America, research on driftwood primarily focused on the Yukon and Kuskokwim river basins. These rivers transported the largest wood that was found on beaches on the Alaskan and Siberian coasts of the Bering and Tchoukches Sea during the spring. However, the choice of reference chronology is more difficult in the northeast of Canada where there are many more potential sources [Eggertsson, 1994]. By combining the direction of marine currents in Hudson Bay and James Bay [Straneo and Saucier, 2008] (Figure 1) with the hypothesis made by the elders of the villages in the study [Steelandt *et al.*, 2013], it is reasonable to assume that the source of the driftwood in this study was somewhere to the south and southeast of Hudson Bay and James Bay. While Hudson Bay and James Bay receive considerable amounts of freshwater from many rivers [Déry *et al.*, 2011] (Figure 1), we could only conduct this analysis in relation to rivers where tree-ring data on spruce and larch already exists.

Cross-dating between the 96 driftwood samples of spruce and larch with the existing reference chronologies from the Boniface, Richmond Gulf, Kuujjaraapik and James Bay areas revealed several significant correlations and different possible sites of origin (Figure 10). Figure 11 gives examples of dendro-provenance for 6 driftwood samples of spruce from Akulivik: two of the samples (D2-5 and G1-7) may have come from the Boniface area ( $T=5.5$  and  $T=4$ ), one (K12) from the Richmond Gulf area ( $T=4.2$ ), and three others (G1-12, J1 and H25) from the James Bay area ( $T=4.6$ ,  $T=4$  and  $T=4.2$ ). This figure shows the various possible originating sites for the driftwood samples found in the same area.

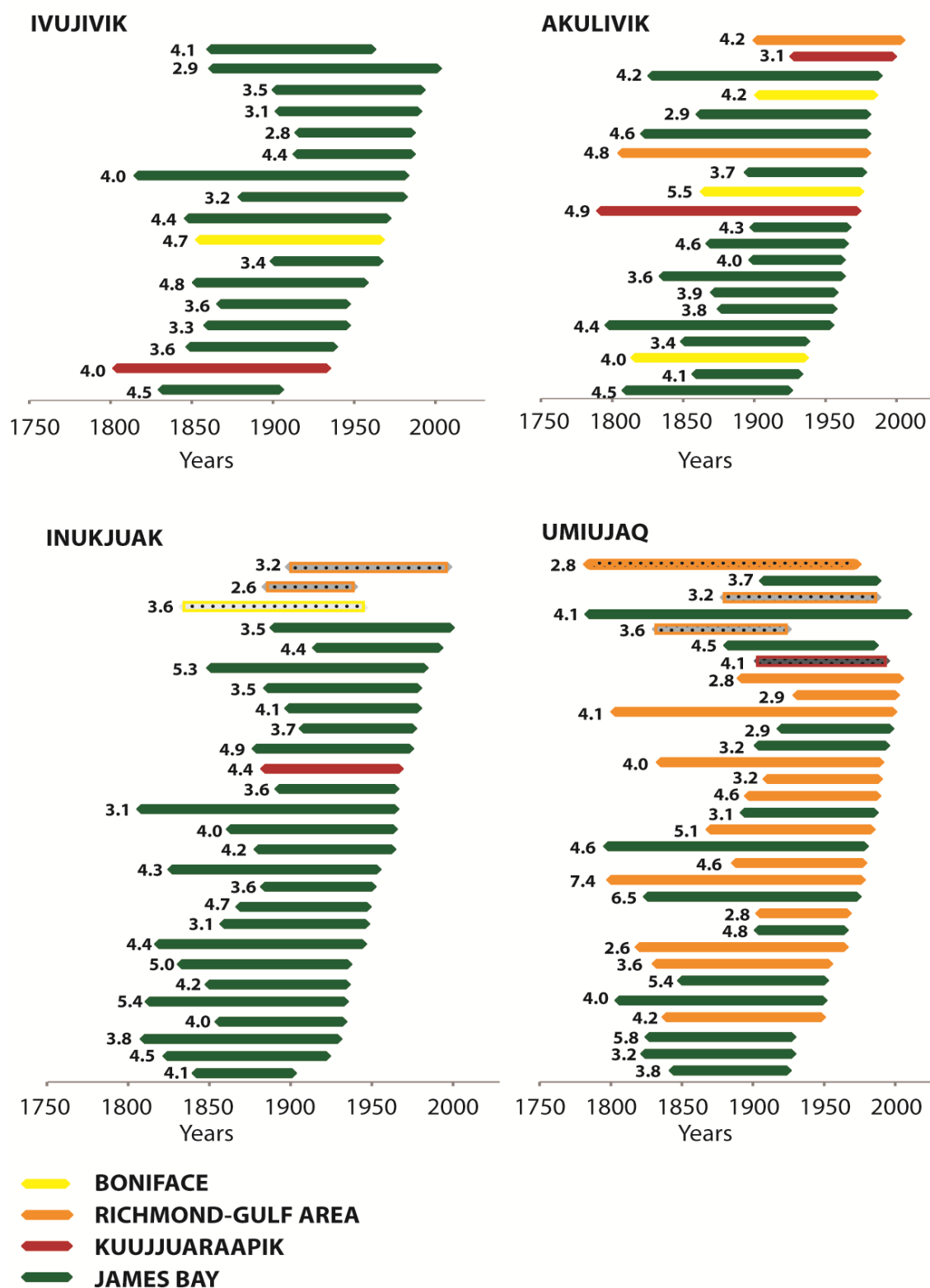


Figure 10 : Life periods of spruce (uniform lines) and larch (dotted lines) driftwood samples from different villages. The color of the bars indicates the likeliest provenance of the wood as indicated by a T test (numbers to the left of the lines) between each sample and the reference series for the Boniface, Richmond Gulf, Kuujjaraapik and James Bay areas.

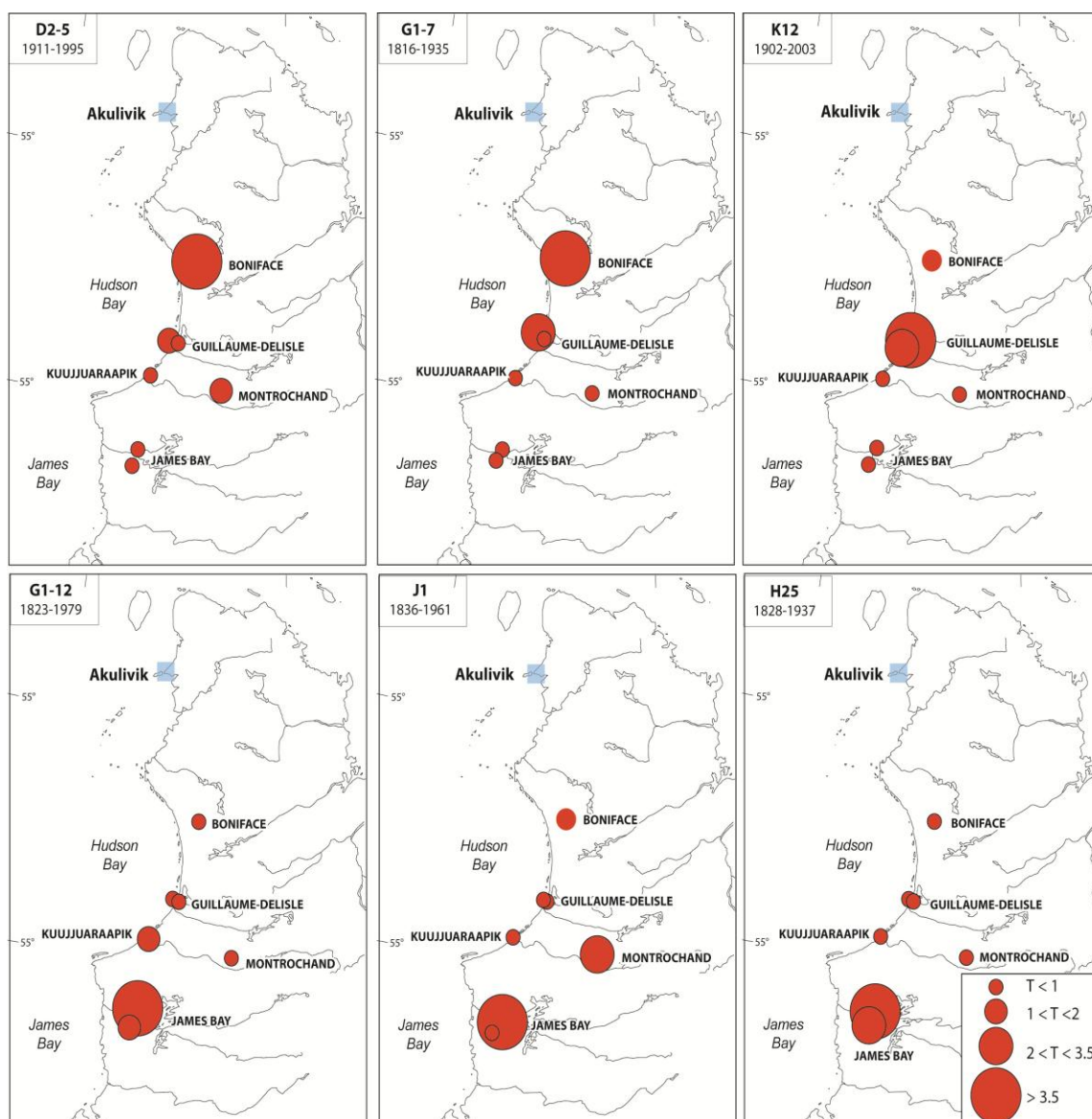


Figure 11 : Examples of dendro-provenance for six driftwood samples of spruce from Akulivik. Based on the T tests, samples D2-5 and G1-7 appear to come from the Boniface area, K12 from the Guillaume-Delisle area and G1-12, J1 and H25 from the James Bay area.

Based on this comparison, it appears that most of the driftwood is better correlated with the reference series from James Bay, especially La Grande Rivière/Radisson West/Duncan/La Grande (LG-2), which is located at about 53°43'N -78°01'W, even if the correlation values relatively remain low. Figure 12 shows an example of driftwood chronology for one *Picea mariana* specimen retrieved from the Kongut River (Inukjuak) that has 103 tree rings. This tree would have lived between 1890 and 1998, based on chronology from La Grande Rivière [Begin et Nicault, unpublished]. The t-value was 3.512, r (Pearson) was 0.339 and the sign test (Gleichlaufigkeit) was 67%.

While these statistical data are significant, other correlations are possible. Even before the creation of the reservoir at the hydroelectric complex that doubled the flow at the mouth of the river, La Grande Rivière was already the fourth largest river in the province of Quebec (next to the St. Lawrence, the Koksoak and the Saguenay Rivers). The creation of the reservoir flooded an area of over 11,399 km<sup>2</sup> [*Société d'énergie de la Baie James*, 1987], so it would not be unexpected to find that a high proportion of the driftwood could be positively correlated with the reference series from this region. The fact that very few light rings were observed on driftwood in the study also makes it reasonable to conclude that most of them originated from the James Bay region.

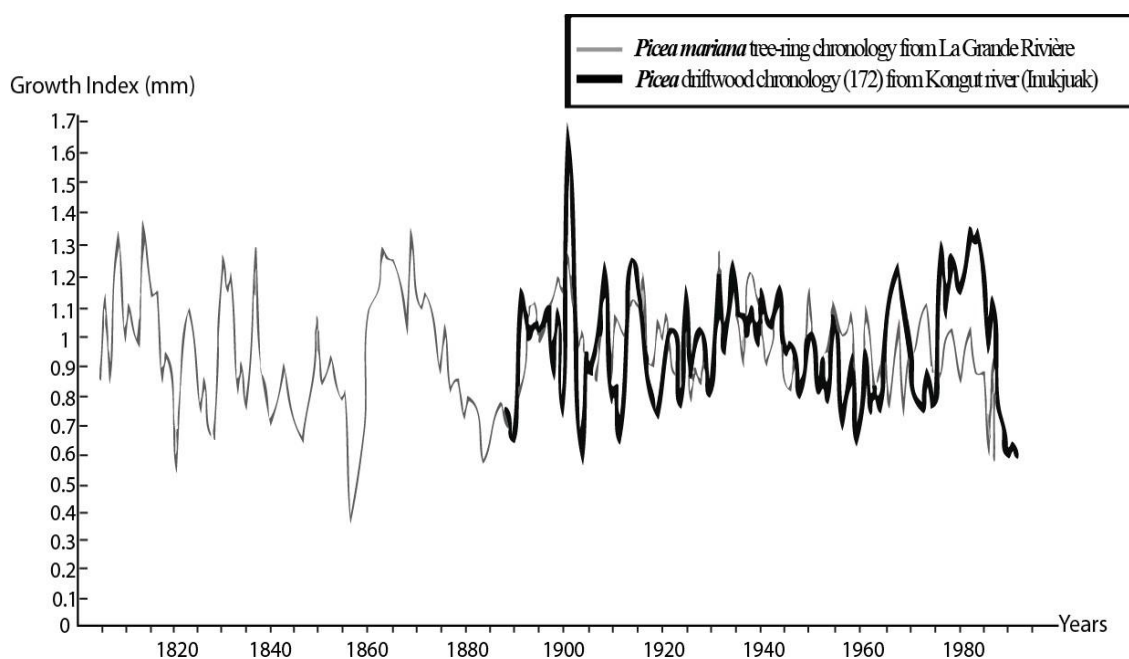


Figure 12 : Driftwood chronology of *Picea mariana* with 103 growth rings from the Kongut River (Inukjuak) using the chronology from La Grande Rivière (Begin et Nicault, unpublished). This sample was dated from 1890 to 1998. The t-value is 3.512 and the sign test (Gleichlaufigkeit) is 67%.

If the initial comparison of average ring widths between our driftwood and trees from Churchill region do not suggest that the wood originated from this area, then another complication is introduced by the fact that these results do not automatically exclude the possibility that the wood originated from other rivers on the western shore of Hudson Bay and James Bay. Although some reference chronologies were completed in the Churchill region and Owl Rivers by *Parker and al.* [1983] and *Girardin and al.* [2005], they couldn't be tested using Dendro software because of the difficult access to raw data. Accordingly, more dendrochronology studies are needed in relation to other rivers

on the east and west coasts of Hudson Bay and James Bay to learn more about the origin of driftwood found along the west coast of Nunavik. The Hayes, Nelson, Seal, and Thlewiaza Rivers and Chesterfield Inlet are particularly important in this regard, since taken together they contributed approximately  $257\text{km}^3/\text{year}$  or 40.5 % of the total stream flow into Hudson Bay in 2005 [Déry *et al.*, 2011].

#### **4. CONCLUSION**

This study represents the first analysis of driftwood on the west coast of Nunavik. Microscopic analysis of 1 057 driftwood samples from sites near Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq revealed that the accumulations of driftwood include four coniferous taxa (spruce, larch, fir and likely “white” cedar) and four deciduous taxa (willow, poplar, alder and likely “white” birch). Spruce largely predominate the driftwood accumulations in this region, whereas white birch, white cedar and fir are rare. By counting tree rings and making observations concerning the final ring, it was determined that the driftwood in this study died relatively young: approximately 62 years for coniferous and 23 years for deciduous taxa. Most of the driftwood likely fell in the spring during breakup, just before the start of the growing season, or in the fall and winter when the winds are strongest.

Driftwood in the northernmost village (Ivujivik) is on average smaller in size and typically lacks roots and bark. Many large pieces of driftwood from coniferous species are nevertheless found as far as Akulivik and were probably transported by water or by ice flows over a great distance. By contrast, the smaller deciduous wood likely originated nearby, because the buoyancy of wood decreases rapidly with a decrease in volume. In the southern areas of the study region (Inukjuak, Umiujaq), the driftwood is more numerous, larger, and less degraded (i.e. it retains its bark and root system). Accordingly, these specimens likely originated from nearby sources in the forest tundra and boreal forest. The presence of distinctive species such as fir and white cedar on the west coast of Nunavik proves that they originated from the south and southeastern area of James Bay. This conclusion is supported by the fact that the water currents in Hudson Bay and James Bay travel south along the western shore and then proceed north along the eastern shore.



The measurements of the average ring width of each species in the different sites also suggest different points of origin for conifers, most of which grew in relatively harsh conditions (probably at the tree line). Most of the deciduous specimens may be local to the respective villages, since they have average ring widths of around 0.05-0.10 cm that match the average ring widths of trees found in these villages.

The tree-ring analysis of 96 driftwood samples collected in the vicinity of the four villages reveal numerous significant correlations with the reference series from the south of Hudson Bay and James Bay. While it is also possible that some of the driftwood originated in the west of Hudson Bay and James Bay, the preliminary results of comparisons with the average ring widths in Churchill do not support this hypothesis. Other comparisons of the average ring widths of driftwood with local trees for all of the species in each village and further cross-dating with reference chronologies for the western coasts of Hudson Bay and James Bay would be necessary to identify the origin of the driftwood with greater precision.

## 5. ACKNOWLEDGMENTS

We thank the field assistants (A. Gervais, S. Aubé-Michaud, J. Pageau) and the Inuit guides (W. Kumarluk, A. Tarkiasuk, T. Weetaluktuk, J. Elijassiapik, J. Topping, and S. Makimak) for their help in the collection of driftwood samples. Thanks are also extended to members of the Centre d'études nordiques: L. Cournoyer for his help with the Dendro software, V. Pilion for her advice regarding wood and charcoal identification in the laboratory and L. Marcoux for assistance in making the maps and figures. This project was supported by grants from the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada (SSHRC) (which supported the *Time and Space among the Inuit of Nunavik* project of the 2008-2013 CURA program), the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC to Najat Bhiry), the Avataq Cultural Institute, the Centre d'études Nordiques and the Archéosciences Laboratory (CReAAH).

## 6. REFERENCES

Agardh, J. [1869], Om den Spetsbergiska Driftvedens ursprung, *Öfversigt af Kongliga Vetenskaps, Akademische Förderhandlung*, 26, 97-119.

Alix, C. [2001], Exploitation du bois par les populations néo-eskimo entre le nord de l'Alaska et le Haut Arctique canadien, Thèse de doctorat, Université de Paris-I - Panthéon Sorbonne.

Alix, C. [2004], Bois flotté et Archéologie de l'Arctique : contribution à la Préhistoire récente du détroit de Béring, *Etudes/Inuit/Studies*, 28 [1], 109-132.

Alix, C. [2005], Deciphering the impact of change on the driftwood cycle: contribution to the study of human use of wood in the Arctic, *Global and Planetary Change*, 47 [2-4], 83-98.

Alix, C. [2006], De la forêt à la côte - usage, folklore et écologie des bois flottés en Alaska, *Rapport d'activité 2005, IPEV Institut Polaire français Paul Emile Victor*, 8-15.

Alix, C. [2007], Ethnoarchéologie de la production des objets en bois dans l'Arctique nord-américain, in : Les civilisations du renne d'hier et d'aujourd'hui : approches ethnohistoriques, archéologiques, anthropologiques, XXVIe Rencontres internationales d'histoire et d'archéologie d'Antibes, S. Berries et V. Vaté [Eds.], Apdca, pp. 377-391, Antibes.

Alix, C. [2008], L'usage du bois en Alaska Ethno-archéologie et dendrochronologie, *Les Nouvelles de l'archéologie*, 111-112.

Alix, C. [2009], Persistence and change in Thule wood use: The Northern World A.D. 900–1400, Maschner, H., Mason O. K., and R. McGhee [Eds.], The University of Utah Press, Salt Lake City, Utah.

Alix, C., and K. Brewster [2004], Not all driftwood is created equal: wood use and value along the Yukon and Kuskowim Rivers, Alaska, *Alaska Journal of Anthropology*, 2 [1-2], 48–65.

Arnold, C.D. [1994a], The importance of wood in the early thule culture of the western canadian, Arctic, in: Morrison, D.A. et J.-L. Pilon [eds.], Threads of arctic prehistory: Papers in honour of William E. Taylor, Jr. Mercury Series ASC, 149, 269-279, Canadian museum of Civilization, Hull.

Asselin, H., S. Payette, M.J. Fortin, and S. Vallee [2003], The northern limit of *Pinus banksiana* Lamb in Canada: explaining the difference between the eastern and western distributions, *J. Biogeogr.*, 30: 1709-1718.

Bartholin, T. [1979], The *Picea-Larix* problem, *IAWA Bulletin*, 1, 7–9.

Bartholin, T., and C. Hjort [1987], Dendrochronological studies of recent driftwood on Svalbard, in: Methods of Dendrochronology, L. Kairukstis, L. Bednarz, and E. Feliksik [Eds.], pp. 207–219, I. Warsaw: Polish Academy of Sciences, Systems Research Institute.

Baskerville, G. [1986], Understanding forest management, *For. Chron.*, 62, 339-347.

Begin, Y., L. Sirois, L. Cournoyer, et J. Frydecki [1997], Évaluation des effets climatiques locaux sur l'environnement forestier au réservoir Robert- Bourassa [LG2], Deuxième rapport d'étape, présenté à Hydro-Québec et au C.R.S.N.G., Université Laval, 80 p., non publié.

Bergeron, Y., S. Gauthier, V. Kafka, P. Lefort, and D. Lesieur [2001], Natural fire frequency for the eastern Canadian boreal forest: consequences for sustainable forestry, *Can. J. For. Res.*, 31, 384-391.

Blake, W.J. [1961], Radiocarbon dating of raised beaches in Nordaustlandet Spitsbergen, in: *Geology of the Arctic*, pp. 133-145, Proc. 1st Int. Symposium Arctic Geol., January, [1960], University of Toronto Press, Toronto.

Blake, W.J. [1970], Studies of glacial history in Arctic Canada, Pumice, Radiocarbon Dates and Differential postglacial uplift in the Queen Elisabeth Islands, *Canadian Journal of Earth Science*, 7, 634-664.

Blake, W.J. [1972], Climatic implications of radiocarbon-dated driftwood in The Queen Elisabeth islands, Arctic Canada, in : *Climatic changes in arctic areas during the last ten-thousand years*, Y. Vasari, H. Hyvairinen et S. Hicks [Eds.], Acta Universitatis Ouluensis, Ser. A: 77-104, Scientiae Rerum Naturalium n°3, University of Oulu.

Blake, W.J. [1975], Radiocarbon age determinations and postglacial emergence at Cape Storm, southern Ellesmere island, Arctic Canada, *Geografiska Annaler*, vol. 57, ser. A: 1-71, Naturgeografiska Institutionen vid Stockholms Universitet, Meddelanden.

Blanchette, R. A., B. H. Held, B. E. Arenz, J. A. Jurgens, N. J. Baltes, S. M. Duncan, and R. L. Farrell [2010], An Antarctic hot spot for fungi at Shackleton's historic hut on Cape Royds, *Microbial Ecology*, 60, 29–38.

Bonde, N. [1992], Dendrochronology and timber trade in northern Europe from the 15th to 17<sup>th</sup> century, in: *Tree Rings and Environment: Proceedings of the International Symposium*, Bartholin, T.S., Berglund, B.E., Eckstein, D., Schweingruber, F.H. and O. Eggertsson [Eds.], 3-9, Ystad, South Sweden.

Bonham-Carter, G.F. [2005], Metals in the environmental around smelters at Rouyn-Noranda, Québec, and Belledune, New Brunswick: results and conclusions of the GSC-MITE Pont Sources Project, Bulletin, 584, Geological Survey of Canada, Ottawa, Ontario.

Burgess, D., K. MacAfee, S. Wetzel, et B.S.P. Wang [2011], Bibliographie annotée sur le pin blanc (*Pinus strobus* L.) et le pin rouge (*P. resinosa* Ait.) de 1960 à 2007, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Administration centrale, Centre canadien sur la fibre de bois, 153 p, Ottawa.

Bridge, M.C. [2000], Can dendrochronology be used to indicate the source of oak within Britain ?, *Vernacular Architecture*, 31, 67-72.

- Caccianiga, M., and S. Payette [2006], Recent advance of white spruce (*Picea glauca*) in the coastal tundra of the eastern shore of Hudson Bay (Québec, Canada), *Journal of Biogeography*, 33, 2120-2135.
- Caccianiga, M., S. Payette, and L. Filion [2008], Biotic disturbance in expanding subarctic forests along the eastern coast of Hudson Bay. *New Phytologist*, 178[4], 823-834.
- Cameron, A.D., and R.A. Dunham [1999], Strength properties of wind- and snow-damaged stems of *Picea sitchensis* and *Pinus sylvestris* in comparison with undamaged trees, *Can. J. For. Res.*, 29, 595–599.
- Canham, C.D., M.J. Papaik, and E.F. Latty [2001], Interspecific variation in susceptibility to windthrow as a function of tree size and storm severity for northern temperate tree species, *Can. J. For. Res.* 31, 1–10.
- Comtois, P., and S. Payette [1987], Le développement spatial et floristique des populations clonales de peupliers baumier (*Populus balsamifera* L.) au Nouveau-Quebec Géographie physique et Quaternaire, vol. XLI, n° 1, p. 65-78, 11 fig., 2 tabl.
- Cowell, D. W., Sims, R. A., and G.M. Wickware [1991], Organic and mineral soils of the Southwestern James Bay coastal zone in relation to landform and vegetation physiognomy, Canada-Ontario Forest Resource Development Agreement [Eds.], 40 p, Ontario.
- Déry, S.J., T.J. Mlynowski, A. Marco, M.A. Hernández-Henríquez, and F. Straneo [2011], Interannual variability and interdecadal trends in Hudson Bay streamflow, *Journal of Marine Systems*, 88, 341–351
- Daly, A. [2007], The Karschau ship, Schleswig-Holstein: Dendrochronological results and timber provenance, *International Journal of Nautical Archaeology*, 36[1], 155-166.
- Daly, A., and P. Nymoen [2008], The Bøle ship, Skien, Norway—Research history, dendrochronology and provenance, *The International Journal of Nautical Archaeology*, 37[1], 157-170.
- Denneler, B., Y. Bergeron, and Y. Bégin [2010], Flooding effects on tree-ring formation of riparian eastern white-cedar (*Thuja occidentalis* L.), Northwestern Quebec, Canada, *Tree-Ring Research*, 66 [1], 3-17.
- Domec, J.C., and B.C. Gartner [2002], How do water transport and water storage differ in coniferous earlywood and latewood? *Journal of Experimental Botany*, 53: 2369-2379.
- Dunham, R.A., and A.D. Cameron [2000], Crown, stem and wood properties of wind-damaged and undamaged Sitka spruce, *For. Ecol. Manage*, 135, 73-81.
- Dyer, J.M., and P.R. Baird [1997], Wind disturbance in remnant forest stands along the prairie–forest ecotone, Minnesota, USA. *Plant Ecol.*, 129, 121-134.

Dyke, A.S., J. England, E. Reimnitz, and H. Jette [1997], Changes in driftwood delivery to the Canadian Arctic Archipelago : The hypothesis of postglacial oscillations of the transpolar drift, Arctic, *Journal of the Arctic Institute of North America, Calgary*, 50 [1]: 1-16.

Eckstein, D., and S. Wrobel [2007], Dendrochronological proof of origin of historic timber-retrospect and perspectives, in: Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology, Haneca, K., A. Verheyden, H. Gartner, G. Helle, G. Schleser [Eds.], Vol. 5: Proceedings of the Dendrosymposium 2006, April 20<sup>th</sup>-22<sup>nd</sup>, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt, Vol. 74, 8-20, Tervuren, Belgium.

Eggertsson, Ó. [1993], Origin of the driftwood on the coasts of Iceland: A dendrochronological study, *Jökull*, 43, 15-32.

Eggertsson, Ó. [1994a], Mackenzie River driftwood—A dendrochronological study, *Arctic*, 47, 128-136.

Eggertsson, Ó. [1994b], Driftwood as an indicator of relative changes in the influx of Arctic and Atlantic water into the coastal areas of Svalbard, *Polar Research*, 13 [2], 209-218.

Eggertsson, O. [1994], Origin of the Arctic driftwood - a dendrochronological study, Lundqua Thesis, vol. 32, Lund University, Department of Quaternary Geology, Lund.

Eggertsson, O., and D. Laeyendecker [1995], Dendrochronological study of the origin of driftwood in Frobisher Bay, Baffin Island, N.W.T., Canada, *Arctic and Alpine Research*, 27 [2], 180-186.

Eklund, M. [1995], Cadmium and lead deposition around a swedish battery plant as recorded in oak tree rings, *Journal of Environmental Quality*, 24, 126-131.

England, J., T. Lakeman, D. Lemmen, J. Bednarski, T. Stewart, and D. Evans [2008], A millennial-scale record of Arctic ocean sea ice variability and the demise of the Ellesmere Island ice shelves, *Geophys. Res. Lett.*, 35, 1-5.

Eurola, S. [1971], The driftwoods of the Arctic ocean, *Rep. Kevo Subarctic Research Station*, 7, 74-80.

Fillion L., S. Payette, L. Gauthier, and Y. Boutin [1986], Light rings in subarctic conifers as a dendrochronological tool, *Quaternary Research*, 26, 272-279.

Filion, L., C. Cloutier, and L. Cournoyer [2010], Dendroécologie des épidémies de la tenthrède du mélèze [*Pristiphora erichsonii*] dans l'est du Canada, in: La dendroécologie - Principes, méthodes et applications, Payette, S., Filion, L. [Eds.], pp. 437-466, Presses de l'Université Laval, Québec, Québec, Canada.

Fritts, H. C. [1976], Tree rings and climate, Academic Press [Eds.], New York, U.S.A., p.117.

Funder, S., G. Hugues, H. Jepsen, E. Kaas, K.H. Kjær, N.J. Korsgaard, N.K. Larsen, H. Linderson, A. Lyså, P. Möller, J. Olsen, and E. Willerslev [2011], A 10,000-year record of arctic ocean sea-ice variability-view from the beach, *Science*, 333 [6043], 747-750.

Girardin, M.P., E. Berglund, J.C. Tardif, and K. Monson [2005], Radial growth of tamarack [*Larix laricina*] in the Churchill area, Manitoba, Canada, in relation to climate and larch sawfly [*Pristiphora erichsonii*] Herbivory, *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 37 [2], 206–217.

Giddings, J.L. [1941], Dendrochronology of northern alaska, fairbanks: University of Alaska Publication IV, p.107.

Giddings, J.L. [1943], A plan for mapping Arctic Sea Currents, *The American Geographical Society, New York, Geographical Review*, 33, 326-327.

Giddings, J.L. [1952a], The arctic woodland culture and the Kobuk River, University Museum Monograph, vol. 8, University of Pennsylvania.

Giddings, J.L. [1952b], Driftwood and problems of Arctic sea currents, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 96 [2], 129-141.

Groves, C. [2000], Belarus to Bexley and beyond: Dendrochronology and dendroprovenancing of conifer timbers, *Vernacular Architecture*, 31, 59-66.

Hagglblom, A. [1982], Driftwood in Svalbard as an indicator of sea ice conditions, *Geografiska Annaler*, 64, 81-94.

Hagglblom, A. [1987], Drivved och havsis, in: Hoppe, G., Rassmusen, B. S. and M. W. Roland [Eds.], *Expeditionen Ymer-80: en slutrapport*. K. Vetenskapskad.. pp.127-133, Stockholm.

Harmon, M.E., J.F. Franklin, F.J. Swanson, P. Sollins, S.V. Gregory, J.D. Lattin, N.H. Anderson, S.P. Cline, N.G. Aumen, J.R. Sedell, G.W. Lienkaemper, J.K. Cromack and K.W. Cummins [1986], Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems, in: *Advances in ecological research*, MacFadaye A. and Ford, E.D. [Eds.], 133-302 pp., Academic Press, London.

Heath, T.L. *The Works of Archimedes*, Dover, New York, 1953.

Hellmann, L., W. Tegel, O. Eggertsson, F.H. Schweingruber, R. Blanchette, A. Kirilyanov, H. Gartner, and U. Buntgen [2013], Tracing the origin of Arctic driftwood, *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 118 [1], 68-76.

Henderson, A. [2013], Bareroot trees, shrubs and hedgerow plants, British Hardwood Tree Nursery, Catalogue 2013-2014, 5.

Hoadley, B. [1990], *Identifying wood: accurate results with simple tools*, 223 pp., Taunton Press, Newtown, Conn.

Hustich, I. [1957], One the phytogeography of the subarctic Hudson Bay Lowland, Helsingfors-Helsinki, *Acta Geogr*, 16 [1], 1-48.

Hyatt, T.C., and R.J. Naiman [2007], The residence time of LWD in the Queets river, Washington, USA, *Ecological Applications*, 11 [1], 191-202.

Jansma, E. [1992], Dendrochronological methods to determine the origin of oak timber: A case study on wood from 's-Hertogenbosch, *Helinium*, 32, [1-2], 195- 214.

Johansen, S. [1998], The origin and age of driftwood on Jan Mayen, *Polar Research*, 17 [2], 125-146.

Johansen, S. [1999], Origin of driftwood in north Norway and its relevance for transport routes of drift ice and pollution to the Barents Sea, *The Science of the Total Environment*, 231, 201–225.

Johansen, S. [2001], A dendrochronological analysis of driftwood in the Northern Dvina delta and on northern Novaya Zemlya, *J. Geophys. Res.*, 106 [C9], 19,929–19,938.

Jolivel, M. [2014], Érosion du pergélisol, transport fluvial et sédimentation marine, côte est de la baie d’Hudson, Nunavik, Canada. PhD, Université Laval, 137 p, Québec.

Jurgens, J. A., R. A. Blanchette, and T. R. Filley [2009], Fungal diversity and deterioration in mummified woods from the ad Astra Ice Cap region in the Canadian High Arctic, *Polar Biology*, 32, 751-758.

Kindle, E.M. [1921], Mackenzie River Driftwood, *Geographical Review*, 11, 50-53.

Laeyendecker, D. [1993a], Wood and Charcoal Remains from Kodlunarn Island, in: Archeology of the Frobisher Voyages, Fitzhugh, W.W., et J.S. Olin [Eds.], pp. 155-172, Smithsonian Institution Press, Washington.

Laeyendecker, D. [1993b], Wood and charcoal remains from Kodlunarn Island, in: Archeology of the Frobisher Voyages, Fitzhugh, W.W., J.S. Olin, [Eds.], Smithsonian Institution Press, 155-172 pp, Washington.

Langelier, J. C. [1887], Le Bassin méridional de la baie d’Hudson, Québec, J. Dussault [Eds.], Chap. 5, p. 47, 104 p.

Lavoie, C. et S. Payette [1996], Domaine de la toundra forestière, dans Manuel de foresterie, Presses de l'Université Laval, 247-256 pp., Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, 1428 p., Sainte-Foy.

Lavoie, L. and L. Sirois. [1998], Vegetation changes caused by recent fires in the northern boreal forest of eastern Canada, *Journal of Vegetation Science* 9, 483-492.

Lemieux, M. J. [2010], A Management plan for native occurrences of eastern white cedar [*Thuja occidentalis* L.] in Nova Scotia, Department of Natural Resources, p. 26.

MacLean, D. A. [1984], Effects of spruce budworm outbreaks on the productivity and stability of balsam fir forest, *For. Chron.* 60, 273-279.

Manning, T. H., [1951], Remarks on the tides and driftwood strand lines along the east coast of James Bay, *Arctic*, 4[2], 122-130.

Marguerie, D., Y. Bégin, et L. Cournoyer [2000], Distinction anatomique du bois du Mélèze [*Larix laricina*], de l'épinette blanche (*Picea glauca*) et de l'épinette noire (*Picea mariana*) en vue de l'analyse des macrorestes, *Géographie physique et Quaternaire*, 54[3]: 317-325.

Meunier, C. [2007], Portrait and known environmental impacts of climate change on the James bay territory, James Bay Advisory Committee on the Environment [Eds.], 41 p, Quebec.

Morin, H., and D. Laprise [1990], Histoire récente des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette au nord du lac Saint-Jean (Québec) : une analyse dendrochronologique, *Can. J. For. Res.* 20, 1-8.

Nansen, F. [1975], Farthest north, being the record of a voyage of exploration of the ship *Fram*, 1893-96. vol. I, Tamden Publishing Ltd, 1ère ed., 1897, London.

Oswalt, W. [1950], Spruce boring from the lower Yukon river, *Tree-Ring Bulletin*, 16[4], 26-30.

Parker, M.L., P.A. Bramhall, and S.G. Johnson [1983], Tree-ring dating of driftwood from raised beaches on the Hudson Bay coast, in: Harington, C.R., Climatic change in Canada 3, Ottawa, National Museums of Canada, *Syllogeus*, 49: 220-272.

Payette, S. [1976], Les limites écologiques de la zone hémis-arctique entre la mer d'Hudson et la baie d'Ungava, Nouveau-Québec, *Cahiers de géographie de Québec*, 20 [50], 347-364.

Payette, S. [1983], The forest tundra and present tree-lines of the northern Québec-Labrador Peninsula, *Nordica*, 47, 3-23.

Payette, S. [1996], Domaine de la toundra arctique, in : Manuel de foresterie, Bérard, J.A. and M. Côté [Eds.], Ordre des ingénieurs forestiers du Québec et Les Presses de l'Université Laval, 256-260 pp., Québec.

Peterson, C.J., and S.T.A. Pickett [1991], Treefall and resprouting following catastrophic windthrow in an old-growth hemlock-hardwoods forest, *For. Ecol. Manage.* 42, 205-218.

Porsild, A.E., and W.J. Cody [1980], Vascular plants of continental northwest territories, Canada, in: National Museum of Sciences, 667 p., National Museum of Canada, Ottawa.



Reimnitz, E., and D.K. Maurer [1979], Effects of storm surges on the Beaufort Sea coast, northern Alaska, Arctic, *Journal of the Arctic Institute of North America, Calgary*, 32, 329-344.

Richardson, J. [1828], Appendix n°1, Topographical and geological notices, in: Narrative of a second expedition on the shores of the polar sea in the years, 1825, 1826, 1827, Johan Murray, Albemarle-street, London.

Richmond, A.D. and K.D. Faush [1995], Characteristics and function of LWD in subalpine Rocky Mountains streams in northern Colorado, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52, 1789-1802.

Rickard, T.A. [1934], Drift Iron : A fortuitous factor in primitive culture, *The Geographical Review, The American Geographical Society, New York*, vol. XXIV, 4, 525-543.

Robitaille, N. and R. Choinière [1988], The Inuit population of Northern Quebec: Present situation, futur trends, *Anthropologica*, 30 [2], 137-154.

Rousseau, C. [1974], Géographie floristique du Québec-Labrador. Distribution des principales espèces vasculaires, Québec, Travaux et Documents du Centre d'Etudes Nordiques, no 7, 799 p.

Roe, E. I. [1958], Silvical characteristics of balsam poplar. USDA Forest Service, in: Lake States Forest Experiment Station [Eds.], Station Paper 65, 17 p., St. Paul, MN.

Rowe, J. S. [1972], Les régions forestières du Canada, Service canadien des forêts, Ministère de l'Environnement, Publication no, 1300F, Ottawa, Ontario, Canada.

Salvigsen, O. [1981], Radiocarbon dated raised beaches in Kong Karls Land, Svalbard, and their consequences for the glacial history of Barents Sea area, *Geografiska Annaler*, 63 [A], 283-291.

Samset, I. [1991], Naturens egen transportteknikk løste et ressursproblem, *Rapport fra Skogforsk*, 5,1-31.

Schweingruber, F.H. [1990], Anatomy of European Wood, Haupt, Bern und Stuttgart [Eds], p. 800.

Senecal D., D. Kneeshaw, and C. Messier [2003], Temporal, spatial, and structural patterns of adult trembling aspen and white spruce mortality in: Quebec's boreal forest, Groupe de recherche en écologie forestière interuniversitaire [GREFi], Montreal, QC, Canada.

Sirois, L. [1997], Distribution and dynamics of balsam fir *Abies balsamea* L. Mill. at its northern limit in the James Bay area, *Ecoscience*, 4 [3], 340-352.

Skatter, S., and B. Kucera [2000], Tree breakage from torsional wind loading due to crown asymmetry, *For. Ecol. Manage.*, 135, 97-103.

Société d'énergie de la baie James [1987], Le complexe hydroélectrique de La Grande rivière, Les Éditions de la Chenelière inc., p. 496., Montréal.

Steelandt S., N. Bhiry, D. Marguerie, C. Desbiens, M. Napartuk, P. Desrosiers, [2013], Inuit knowledge and use of wood resources on the west coast of Nunavik, *Etudes Inuit Studies*, 37 [1].

Stefansson, V. [1913], My Life with the Eskimos, Macmillan Company, p.382, New York.

Stefansson, V. [1919], The Stefansson-Anderson Arctic Expedition of the American Museum: Preliminary Ethnological Report, *Anthropological Papers of the American Museum of Natural History*, 14 [1], 396-457.

Straneo, F. and J.F. Saucier [2008], The Arctic-Subarctic Exchange Through Hudson Strait, SpringerNetherlands [Eds.], *Earth and Environmental Science*, 249-261.

Talon, B. [1997], Anatomical and comparative study of *Larix decidua* Mill. and *Picea abies* L. Karst. wood charcoal, *Comptes rendus de l'académie des sciences, série III, Sciences de la Vie*, 320 [7], 581-588.

Tremblay, L-B, L.A. Mysak, and A.S. Dyke [1997], Evidence from driftwood records for century to millennial scale variations of the high latitude atmospheric circulation during the Holocene, *Geophysical Research Letters*, 24: Doi:10.1029/97gl02028 issn: 0094-8276

Valientgoed, .I, [1991], Some important woodborers related to export restrictions, *Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Forest Pest Leaflet, n°74*, 9 p.

Vallée, S., and S. Payette, [2004], Contrasted growth of black spruce (*Picea mariana*) forest trees at treeline associated with climate change over the last 400 years, *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 36 [4], 400 – 406.

Van Stone, J. W. [1958], The origin of driftwood on Nunivak Island, Alaska, *Tree-Ring Bulletin*, 22, 12-15.

Wang, L. [2000], Tree-ring growth of black spruce at arctic treeline in northern Quebec: Implication for climate change, Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, Québec.

Watmough, S.A., and T.C. Hutchinson [1996], Analysis of tree rings using inductively coupled plasma mass spectrometry to record fluctuations in a metal pollution episode, *Environmental Pollution*, 93, 93-102.

Webb, S.L. [1988], Windstorm damage and microsite colonization in two Minnesota forests, *Can. J. For. Res.*, 18, 1186-1195.

Zunde, M. [1999], Timber export from Old Riga and its impact on dendrochronological dating in Europe, *Dendrochronologia*, 16-17, 119-130.



## CHAPITRE 2

### **Charcoal and wood from archaeological sites on the west coast of Nunavik (Quebec, Canada)**

Stéphanie Steelandt<sup>1,2</sup> ; Dominique Marguerie<sup>2</sup> ; Najat Bhiry<sup>1</sup> ; Daniel Gendron<sup>3</sup> ; Pierre Desrosiers<sup>3</sup>

<sup>1</sup>: Département de géographie et Centre d'études nordiques,  
Université Laval, Pavillon Abitibi-Price  
2405, rue de la Terrasse,  
Québec (Québec) G1V 0A9 Canada

<sup>2</sup>: Laboratoire Archéosciences,  
UMR 6566 CReAAH, Université de Rennes 1,  
Campus de Beaulieu  
35042 Rennes cedex, France

<sup>3</sup>: Avataq Cultural Institute,  
360-4150 Ste-Catherine West, Westmount, Quebec H3Z 2Y5 Canada

## RÉSUMÉ

La présence de plusieurs restes ligneux dans les sites archéologiques arctiques démontre que cette matière première était précieuse pour les Paléoesquimaux et les Inuit qui l'utilisaient pour la fabrication d'outils, de moyens de transport ou pour se chauffer. Onze taxons ont été identifiés parmi les 293 fragments de bois, 550 charbons et 11 artefacts en bois trouvés dans 11 sites archéologiques provenant de quatre aires sur la côte ouest du Nunavik : Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq. Ces taxons étaient dominés par des conifères, notamment l'épicéa et le mélèze. Les espèces de feuillus comme le saule et le peuplier étaient moins communs. L'aulne et le bouleau blanc étaient extrêmement rares. Quelques taxons spécifiques comme du pin et du châtaignier trouvés dans le site KcFs-2 (Ivujivik) ou du chêne trouvé dans le site HaGe-12 (Umiujaq), correspondaient probablement à des bois manufacturés importés. Les éricacées carbonisées trouvées dans les sites d'Umiujaq étaient probablement d'origine locale au regard de leurs largeurs moyennes de cernes. Un bois de cèdre blanc trouvé sur le site IbGk-3 (Inukjuak) était probablement du bois flotté provenant du sud de la Baie de James. Des comparaisons entre les largeurs moyennes de cernes de fragments de bois et d'arbres provenant de la rive sud et est de la Baie de James tendent à confirmer cette origine. Des interdatations révèlent que certains de ces bois pourraient également provenir de la Rivière-aux-Feuilles. Les grandes différences de datations radiocarbone obtenues sur des gros bois provenant de mêmes structures laissent supposer que ces rares matériaux pouvaient être réutilisés.

## **ABSTRACT**

The presence of several wood resources in the arctic archaeological sites shows this raw material was precious for Palaeoekimos and Inuit, who used it for tools, transportation and heating. Eleven taxa were identified among 293 wood fragments, 550 charcoals and 11 wooden artefacts found in 11 archaeological sites from four areas on the west coast of Nunavik: Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq. These taxa were dominated by conifers, notably spruce and larch. Deciduous species like willow and poplar were less common. Alder and white birch were extremely rare. Some specific taxa, such as pine and chesnut found in the KcFs-2 site (Ivujivik) or oak found in the HaGe-12 site (Umiujaq), probably corresponded to introduced manufactured woods. Ericaceous charcoals found in the sites in Umiujaq were probably local due to their average ring widths. One white cedar found at the IbGk-3 site (Inukjuak) was probably driftwood from the south of James Bay. Comparisons between the average ring widths of wood fragments and trees from the south and east of James Bay tend to confirm this origin. Cross-datings reveal that some of these woods could also come from along the Rivière-aux-Feuilles. The wide radiocarbon dating differences obtained on large woods from same structures suggest these rare materials could be reused.

## 1. INTRODUCTION

Wood resources are scarce in most Arctic areas and mainly represented by driftwood and shrubs. However, this raw material always had special importance for Palaeo- and Neoeskimos, who used it for heating, building their homes, making tools, hunting implements and utensils, or for transportation (Laeyendecker, 1993a, b; Arnold, 1994; Grønnow, 1996; Alix, 2001, 2004, 2007, 2008, 2009). This importance is corroborated by the presence of countless wood fragments, charcoals and wood artefacts in many archaeological sites in the Arctic (e.g. Collins, 1951, 1952; Giddings, 1952; Stanford, 1976; Mary-Rousselière, 1979a, b; McGhee, 1984; Laeyendecker, 1993b; Eggertsson, 1994a; Grønnow, 1996; Mason, 2003), including the coasts of Hudson Strait and Quebec-Labrador Peninsula (Birket-Smith, 1929; McCartney, 1977; Laeyendecker, 1993a).

In Nunavik, a number of rare pieces of wood between 1 and 3 m long, used to build semi-subterranean houses, have been found at the Qijurittuq site (IbGk-3), on Drayton Island near Inukjuak (Avataq Cultural Institute, 2008; Desrosiers *et al.*, 2010; Lemieux *et al.*, 2011) and more recently on the Kangiakallak-1 site (JeGn-2) on Qikirtajuaq (Smith Island) near Akulivik (Avataq Cultural Institute, 2013). Five radiocarbon dates from samples of structural wood of one of the semi-subterranean house on the Qijitittuk site are ranging from 510 to 170 cal. BP. These dates suggest that these archaeological woods come from the collection of raw material in different tree populations and most likely the use of driftwood or, possibly, the reuse of wood from previous sod houses that were built at the same site (Lemieux, 2009; Desrosiers *et al.*, 2010; Lemieux *et al.*, 2011). Moreover, many large pieces of driftwood are present on today's beaches in the region (Steelandt, S., personal communication, 2014). However, some Inuit elders have asserted that they could cut large timbers when they traveled by dogsled farther south toward Kuujjuarapik for weddings, church services, trading or meetings. So, the possibility that some Inuit elders harvested trees in different southern locations cannot be excluded (Steelandt *et al.*, 2013). Moreover, if the origin of these woods is difficult to determine, no study other than some  $^{14}\text{C}$  dating has yet been undertaken about other smaller wood fragments and charcoals found in the archaeological sites of this region.

The purpose of this study is therefore to establish the characteristics of wood resources found in the Palaeo- and Neoeskimo sites of western Nunavik by studying 1) charcoals,

wood fragments and wood artefacts by anthracological and xylological analyses to determine whether the species of these ancient wood resources are the same as in the modern coastal clusters, and 2) radiocarbon dating and analyzing growth rings on several of these woods and charcoals in order to deduce their age and growth conditions.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Study areas

Nunavik is the Inuit territory that occupies the northernmost regions of Quebec. The shallow waters of Hudson Bay and James Bay follow a counterclockwise gyre and flow out along the south side of Hudson Strait to join the inner section of the Labrador Current (Straneo and Saucier, 2008; Canadian Coast Guard, 2012). This study concerns four regions on the west coast of Nunavik from North to South: Ivujivik in herbaceous tundra, Akulivik and Inukjuak in the shrub tundra, and Umiujaq (Richmond Gulf) in the forest tundra (Payette, 1996; Lavoie and Payette, 1996) (Fig. 1).



Figure 1 : Location of the four study areas (Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq) in Nunavik, the vegetation zones, the direction of water currents in Hudson Bay and James Bay and the tree-ring chronologies tested (Department of Geography, University Laval, 2013)



## **2.2 Human occupations and sampling of wood fragments and charcoals**

Two cultural groups have succeeded one another in Nunavik. First, came the Palaeoeskimos, including Pre-Dorset (from 3800 to 2700 BP) and Dorset (from 2200 to 1000 BP). The second migration was by Neoeskimos (Thule/Inuit) which came to Nunavik from Alaska around 800 BP (Avataq Cultural Institute, 2011).

A total of 293 wood fragments, 550 charcoals and 11 artefacts were collected during the 2007, 2008, 2010, 2011 fieldworks carried out by the Avataq Cultural Institute in collaboration with researchers from the *Centre d'études nordiques* at 11 Palaeoeskimo and Thule/Inuit archaeological sites nearby the four villages of Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq during the excavations of 2007, 2008, 2010 and 2011.

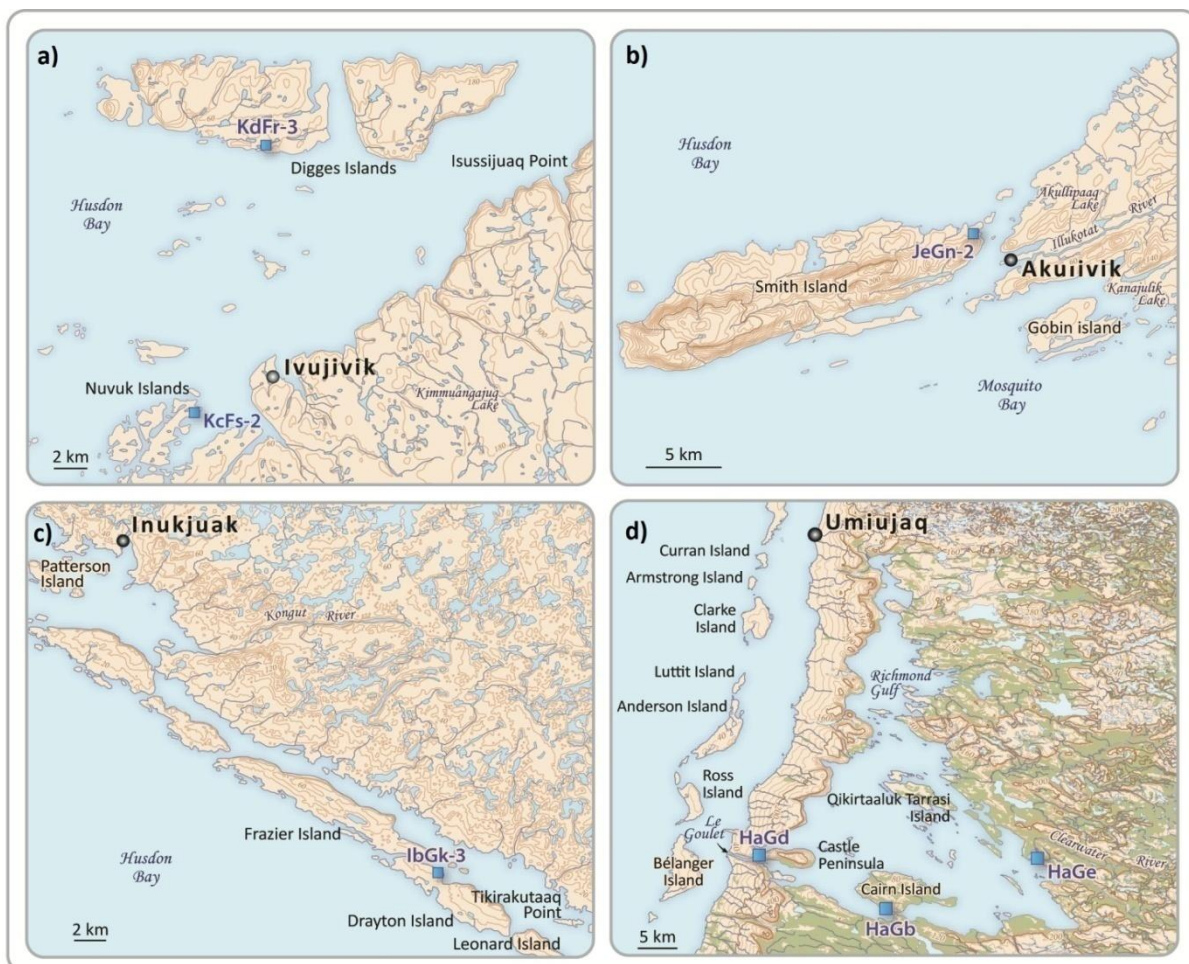
At the junction of Hudson Bay and the Hudson Strait, Ivujivik is considered as a transition zone for the groups who migrated from Alaska toward Ungava and southeast Hudson Bay. In this study, 191 archaeological wood fragments (71% charcoal fragments and 29% wood fragments) were extracted in 2008-2009 from the KcFs-2 site on northeast Nuvuk (NK3) Island, located about five kilometers west of Ivujivik (Fig. 2a) (Avataq Institute Cultural, 2009b). This site features 17 structures, including nine caches along the rocky hill, six typical Late Dorset shallow semi-subterranean dwellings grouped into two sets of three and two archaeological structures identified as construction pits (Avataq Cultural Institute, 2010b and c). At the KdFr-3 site on the western Digges Island about 15 km north of Ivujivik (Fig. 2a), only four charcoals were found during the 2008 campaign. The KdFr-3 site is composed of 3 semi-subterranean dwellings and about a dozen other features. The strong marine currents offers good potential for animal resources that made them ideal areas for the installation of human groups especially in winter (Gendron, personal communication).

In Akulivik, 299 archaeological wood fragments (including 57% wood fragments, 40% charcoals and 3% wooden artefacts) were collected at the JeGn-2 site (Kangiakallak-1) on Smith Island (Qikirtajuaq) during the 2010 and 2011 excavations by Avataq Cultural Institute (Fig. 2b). The site is located at the eastern end of the island. It seems to have been an important place for winter occupations which could be explained by a small polynya between the island and the mainland. This site includes a large number of winter houses with many shallow semi-subterranean Late Dorset structures and

Thule/Inuit sod houses (*qarmait*). Excavations on this site documented one structure from each cultural period and featured unusual preservation of tools and remains, including wooden structures (Avataq Cultural Institute, 2013).

In Inukjuak, 288 archaeological wood specimens (77% charcoal, 23% wood) were sampled during the 2007 and 2008 excavations at the IbGk-3 site (Qijurittuq) on Drayton Island located about twenty kilometers south of the village (Fig. 2c). This site was initially occupied by Late Dorset living in shallow semi-subterranean houses, onto which Inuit built sod house dwellings with tunnel entrances as winter camps. The site comprises a total of 19 archaeological structures: 13 semi-subterranean houses (structures 1-7, 9-13 and 15), a cache, a summer tent (structure 18), a typical rectangular Late Dorset house (structure 17) and 3 other undetermined structures (structures 8, 14 and 16) (Desrosiers *et al.*, 2010). Two overlapping structures (1 and 15) were excavated and studied (Lemieux and al., 2011). One key feature from the excavation of these structures was a large quantity of wood from the roof structure (Avataq Cultural Institute, 2008 and 2009a; Lemieux, 2009, Lemieux *et al.* 2011).

Finally, in the Umiujaq region, 70 charcoal fragments were found from six sites including HaGb-3 and HaGb-9 sites on Cairn Island and the HaGd-4, 7, 24 and 30 sites at the Gulf Hazard valley (Fig. 2d). Because the samples were scarce on each site, they were grouped for this study. The HaGb-3 (Tasiq Najuqtauvattuviniq) site comprises traces of a historic and contemporary camp (a wooden structure and at least two tent rings) and Palaeoeskimo clusters. Similarly, the HaGb-9 site (Kenuayuak) has at least 5 structures, including one with a mid-passage and paving. The work revealed some Palaeoeskimo tools. The HaGd-4 site (Punngavialuk 1) at the Gulf Hazard, is characterized by Dorset dwellings with rich cultural layers. The HaGd-7 site (Punngavialuk 4) has 3 tent rings dating from the historic and Dorset period. The HaGd-24 site (Kumarluk) includes several structures and artefacts from the historical and Palaeoeskimo periods, and the HaGd-30 site (Tatsisuuq) has at least one tent ring and lithic flakes dating to the Palaeoeskimo period. Moreover, four wood fragments from a traditional Inuit bowl were also found at the HaGe-12 site. This HaGe-12 site has several remains of structures, stone caches, graves, sleighs and other historical artefacts predating the relocation of people at Kuujjuarapik in the late 1950's (Avataq Cultural Institute, 2005, 2007, 2010a).



Réalisation : Département de géographie, Université Laval, 2014

Figure 2 : Location of archaeological sites studied in the regions of Ivujivik: KdFr-3 on the Digges islands and KcFs-2 on Nuvuk-3 island (a), Akulivik: JeGn-2 on Smith island (b), Inukjuak : IbGk-3 on Drayton island (c) and Umiujaq: HaGd-4, 7, 24, 30 at Gulf Hazard, HaGb-3 and 9 on Cairn island, and HaGe-12 at the southeastern extremity of Richmond Gulf (d) (grey squares)

### 2.3 Identification of charcoals and wood fragments

Charcoal and wood fragments excavated around the four villages were identified at the tree ring Lab, Centre d'études nordiques (CEN), Laval University (Quebec), as well as at the Archéosciences Lab at the Université de Rennes 1, (France). The identification was done by observing the wood's anatomy in transverse, radial and tangential sections under a light microscope. Identification keys such as Bartholin (1979), Panshin and de Zeeuw (1980), Hoadley (1990), Schweingruber (1990), Talon (1997), Marguerie *et al.* (2000), Benkova and Schwein (2004) and Richter and al. (2004) were used in parallel with the Archéosciences laboratory and the CEN reference collections. It was impossible to make the distinction between spruce (*Picea* sp.) and larch (*Larix* sp.), or between willow (*Salix* sp.) and poplar (*Populus* sp.), but the corresponding fragments were respectively identified as "*Picea* sp./*Larix* sp." and "*Salix* sp./*Populus* sp."

## **2.4 Evaluation of wood fragment calibers**

When growth rings were visible on sampled wood fragments and charcoals, the presence or absence of external limit and pith was noted. Moreover, the curvature of the rings (weakly, moderately or strongly curved rings) was evaluated. By assessing the curvature, one can estimate the size of the original piece of wood (large, intermediate or small diameter) or identify which part of the tree was used. For example, a piece of wood or charcoal with a weak curve comes from a tree trunk or large branch, while a strong curve is from a small branch or a young stem. Similarly, the presence or absence of external limit and pith was noted to evaluate the original size of these archaeological fragments.

## **2.5 Radiocarbon dating and tree ring analyses**

The average ring width provides information on the growing conditions the trees experienced. The number of growth rings was therefore counted on transverse sections of charcoal and wood fragments under a stereomicroscope, and the width of these rings was measured with an electronic caliper. These measurements were only done on fragments without reaction wood (eccentric growth developed by trees and stems to avoid drooping under their own weight) (Wilson and White, 1986; Zobel and Van Buijtenen, 1989). Bar charts were used to represent these measurements in increments of 0.5 mm for each taxon in the four villages. All data from these analyses were processed using the “Anthraco” software (Marguerie and Hunot, 2007). Moreover, the mean of average ring widths of larch and spruce archaeological wood samples from the different study areas were compared with the mean of average ring widths of larch and spruce trees from Churchill, James Bay, Kuujjuarapik and Boniface (Table 1).

Three larger wood pieces from the JeGn-2 site in Smith Island (Akulivik) and seven from the IbGk-3 site on Drayton Island (Inukjuak) (about 5 to 8 cm wide) were dated by radiocarbon analysis using a small sample removed from their last visible growth ring. Radiocarbon dates were calibrated with the CALIB software (Stuiver *et al.*, 1993). Of these ten fragments, only four (two from Akulivik and two from Inukjuak) could be selected for tree ring analysis and the study of their dating and origin. These large archaeological woods were dried, glued and sanded. The tree ring widths on one or two opposite radii (where possible) were then measured with 0.002-mm precision using a

Velmex unislide stage micrometer interfaced with a computer. Dendro 2009 software was used (CEN, Laval University), and the tree-ring curves were standardized using a cubing spline to remove the age effect (Fritts, 1976). Finally, these indexed curves were cross-dated with existing reference chronologies from areas further south of Akulivik and Inukjuak. Indeed, it's in these southern areas that the Inuit may have harvested trees or that driftwood may originate because the sea currents flow northward along the west coast of Nunavik (Straneo and Saucier, 2008) (Fig. 1; Table 2). Diagnostic rings (particularly light rings) were also detected on each sample to help with cross-dating (Filion *et al.*, 1986; Wang *et al.*, 2000).

Table 1 : Average ring width of some woods from living trees (*Larix laricina*, *Picea glauca* et *Picea mariana*) in Boniface river, Umiujaq, Kuujjuaraapik, James Bay and Churchill

Species	Location	GPS location	Average growth ring width (mm)	Years	References
<i>Larix laricina</i>	Boniface river	57°42' N; 75°57' W	0.46 ± 0.29 (n=47)	1725-1992	Filion <i>et al.</i> , 2010
	GRIC (Umiujaq)	56°32' N; 76°23' W	0.99 ± 0.63 (n=15)	1810-1993	Filion <i>et al.</i> , 2010
	Kuujjuaraapik	55°17' N; 77°48' W	0.5 ± 0.36 (n=64)	1710-1987	Filion <i>et al.</i> , 2010
	James Bay	53°43' N; 78°01' W	0.81 ± 0.66 (n=15)	1836-1993	Filion <i>et al.</i> , 2010
	Churchill	58°46' N; 94°09' W	0.42 ± 0.2 (n=27)	1655-2000	Girardin <i>et al.</i> , 2005
<i>Picea glauca</i>	EB 20 (Umiujaq)	56°32' N; 76°32' W	0.53 ± 0.23 (n=3)	1778-2003	Caccianiga and Payette, unpublished
	Belanger island	56°09' N; 76°44' W	0.7 ± 0.31 (n=44)	1669-2002	Caccianiga and Payette, unpublished
	Kuujjuaraapik	55°18' N; 76°41' W	0.62 ± 0.19 (n=26)	1618-2004	Caccianiga <i>et al.</i> , 2008
	Churchill	58°46' N; 94°09' W	0.5 ± 0.12 (n=35)	1600-2001	Girardin <i>et al.</i> , 2005
<i>Picea mariana</i>	Boniface river	57°43' N; 76°05' W	0.21 ± 0.12 (n=29)	1476-1985	Vallée and Payette, 2004
	Kuujjuaraapik	55°18' N; 76°41' W	0.41 ± 0.19 (n=22)	1700-2003	Caccianiga and Payette, unpublished
	James Bay	53°43' N; 78°01' W	0.65 ± 0.21 (n=40)	1803-1996	Nicault and Begin, unpublished
	Churchill	58°46' N; 94°09' W	0.32 ± 0.14 (n=55)	1556-2000	Girardin <i>et al.</i> , 2005

Table 2 : Tree ring chronology tested as reference series from the southeastern shores of Hudson Bay and James Bay

Species	Location	GPS location	Time span	References
<i>Picea mariana</i>	Boniface River	57°42' N; 75°57' W	1415-1986	Begin., unpublished
	Boniface River	57°42' N; 75°57' W	694-1460	Arseneault., unpublished
<i>Larix laricina</i>	Rivière aux Feuilles	57°48' N; 73°14' W	1690-1992	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
	Boniface River	57°42' N; 75°57' W	1725-1992	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010
	Kuujjuaraapik	55°17' N; 77°48' W	1710-1987	Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 Taxa distribution

Eleven taxa were identified from the analysis of 293 wood fragments, 550 charcoal fragments and 11 wooden artefacts. Four of these taxa are coniferous species: spruce (*Picea* sp.), larch (*Larix* sp.), white cedar (*Thuja occidentalis*.) and pine (*Pinus* sp.). Seven were deciduous taxa: willow (*Salix* sp.), poplar (*Populus* sp.), alder (*Alnus* sp.), white birch (*Betula glandulosa*.), oak (*Quercus* sp.), chestnut (*Castanea* sp.) and undifferentiated *Ericaceae* (Fig. 3). At each site, coniferous species, especially spruce, was the most common which is to be expected since it is the dominant species of the American forest tundra and boreal forest. Black spruce (*Picea mariana*) dominates in eastern Canada, and white spruce (*Picea glauca*) in the west (Row, 1972; Payette, 1983; Alix, 2001). White spruce occurs within the Quebec-Labrador peninsula (Rousseau, 1974), especially in the marine environments. Black spruce is by far the most common tree species in the study area. Its distribution, located between 66°0-75°0 and 58°N-59°N, moves into the northernmost areas among the various tree species (Payette, 1976). Spruce is also the main species identified in the driftwood accumulations on the west coast of Nunavik (Steelandt, S., personal communication, 2014) making it an available resource to be used by Palaeoeskimos and Thule-Inuit. Besides, it is also the most abundant species found on American archaeological sites (Alix, 2008, 2009). Also, although it may be difficult to deduce a precise origin for spruce, larch, willow, birch, alder or poplar, given their wide geographical distribution along the North American, Siberian and Eurasian coasts, the presence of some rare species in the study sites gives some indication of their origin.

At the KcFs-2 site on the Nk-3 Nuvuk Island near Ivujivik, 43 wood fragments were identified as coniferous and 11 as deciduous, whereas 132 charcoal fragments were identified as coniferous and 4 as deciduous. Among conifers, spruce taxa are the most numerous, with 105 charcoals and 21 wood fragments. Larch, spruce or larch, willow, poplar, willow or poplar and birch are present in smaller amounts. Surprisingly, one chestnut and nine pine fragments were also found at KcFs-2 site (Fig. 3a). These pines were all of the same species. Jack pine (*Pinus banksiana*), white pine (*Pinus strobus*) and Siberian pine (*Pinus sibirica*) can be excluded because of the pinoid pits in the cross-field for *Pinus banksiana* and of smooth walls of ray tracheids for *Pinus strobus*

and *sibirica*. The species analyzed could be Scots pine (*Pinus sylvestris*) or red pine (*Pinus resinosa*) because of their fenestriiform pits in their cross-fields and the dentate walls of their ray tracheids. The height of the rays, 1 to 10 for *Pinus resinosa* and 1 to 15-20 for *Pinus sylvestris*, was difficult to evaluate in these samples and did not differentiate these two species (Panshin and de Zeeuw, 1980; Hoadley, 1990; Schweingruber, 1990; Benkova and Schwein, 2004; Richter *et al.*, 2004). According to the geographic distribution of these two species, some hypotheses can be put forward about the origin of these pines found at the KcFs-2 site. Scots pine has the widest distribution of all Eurasian boreal conifers, ranging over 10,800 km from Western Europe to northeast Asia. This species delineates the northern conifer line in northern Scandinavia (Hustich, 1953; Critchfield, 1966; Nikolov and Helmisaari, 1992; Hytteborn *et al.*, 2005) (Fig. 4). Despite of this widespread distribution, the probability that the pine found at the KcFs-2 site is driftwood from the European or Asian boreal forest is extremely low, given the flow of surface marine currents in the Arctic Ocean (Dyke *et al.*, 1997; Ostenso, 1966, Straneo and Saucier, 2008) (Fig. 4). Alternatively, red pine currently ranges through southern Canada, mainly centered on the Great Lakes and the St. Lawrence River as well as in northern Illinois, eastern West Virginia and Newfoundland with northern limit many kilometers south of James Bay (Critchfield, 1966; Bergeron and Gagnon, 1987; Rudolf, 1990; Burgess *et al.*, 2011) (Fig. 4). So, if these pines are *Pinus resinosa*, they are likely not driftwood from the American forest tundra. Besides, if pine is present in the modern driftwood logs along the European and Asian Arctic coasts, i.e. Russia, Greenland, Svalbard, Norway, Iceland (Eggertsson, 1994; Johansen, 1998, 1999, 2001; Hellmann, 2013) and in archaeological sites such as around Disko Bugt in western Greenland (Grønnow, 1994), this taxon is very rare or even absent in the modern driftwood logs of the American Arctic and Subarctic coasts. Indeed, no pine has yet been found in sampling from northwestern Alaska or the west coast of Nunavik (Alix, 2005, 2012; Steelandt, S., personal communication, 2014). Moreover, these pine charcoal fragments were extracted from test pits in a house that contained material from the Dorset, Thule/Inuit and Historic periods. It may even be recent wood bought from the trading posts or brought up by archaeologists during the 1930 excavations. The presence of chestnut wood (*Castanea* sp.) at the KcFs-2 site also suggests that this wood was likely collected by people from recent expeditions (shipwrecks, trade, archaeological campaigns) because of the distribution in temperate climatic regions (Little, 1980). Finally, the four willow charcoal fragments found on

KdFr-3 site are insufficient to permit interpretation about the exploitation of wood resources by the inhabitants of this site (Fig. 3).

Among the 299 fragments of wood and charcoal found at the JeGn-2 site on Smith Island (Akulivik area) and analyzed, only 11 came from deciduous trees. Seven willow woods and two willow charcoals, one poplar wood and one willow/poplar charcoal were identified. Like Ivujivik, spruce is the dominant wood resource in this archaeological site, represented by 115 wood fragments and 55 charcoals. Moreover, seven artefacts (a bowl, a spear, a bow, a wood fragment with a hole drilled through it, and three pieces of worked wood) made from spruce were found in the site and three artefacts (one piece of wood with a drill hole and two worked woods) made from spruce/larch (Fig. 3b). Consequently, Inuit seem to have used a lot of spruce wood to make everyday objects but Turner (1894) notes that larch was preferentially used to make sleds in Ungava Bay. Similarly, some elders from Umiujaq interviewed in 2011 often quoted *pingik* (*Larix* sp.) rather than *napaartutuinnaq* (*Picea* sp.) (Schneider 1985; Steelandt *et al.*, 2013). Larch is more flexible and resistant than spruce which explains why elders could choose it for building means of transport such as sleds or boats, because it is more flexible and resilient than spruce (Forest Product Laboratory, 1974). Indeed, like spruce, larch is very common in the American tundra and the boreal forest (Row, 1972; Payette, 1983; Alix, 2001) but its scarcity compared to spruce in the archaeological sites can be explained by the fact that this species is less common in driftwood accumulations along the coast of Nunavik (Steelandt, S., personal communication, 2014).

Near Inukjuak, 288 archaeological wood fragments were sampled and analyzed from the IbGk-3 site on Drayton Island. As in the other villages, deciduous trees are rare, with only two wood fragments and seven willow charcoal fragments, three willow/poplar charcoal fragments, and one charcoal each of poplar and alder. Spruce is abundant at the site (122 wood fragments, 46 charcoals) along with some larch samples (21 wood fragments, 3 charcoals) and several undetermined spruce/larch fragments (67 woods, 14 charcoals) (Fig. 3c). Also, one wood piece was identified as a cedar, probably white cedar which likely was driftwood originating in forests that grow south of James Bay (Lemieux, 2010) (Fig. 5). However, it is also possible that this worked wood was imported by humans.



In the Umiujaq area, 70 charcoal fragments were analyzed. One spruce, one spruce or larch, one willow or poplar and one undetermined ericaceous charcoals from the HaGb-3 and 9 sites on Cairn Island were identified. Moreover, 15 spruce charcoals and two spruce/larch charcoals were found along with 49 charcoals of *Ericaceae* at the HaGd-4, 7, 24 and 30 sites in the Gulf Hazard valley (Fig. 3d). This large amount of *Ericaceae* can be easily explained by the numerous species of this family present in the forest tundra, such as *Vaccinium*, *Empetrum*, *Rhododendron*. The berries and the wood of these shrubs were and are still collected in the fall and used by the Inuit as a fruit supply, to make tea, firewood, emergency smoke signals, mosquito repellent or mattresses, or for medicinal purposes. For example, blackberry along with other berries has long been a vital addition to the diet of the Inuit, and its leaves and stems were used to treat diarrhea, stomach pains or tuberculosis (Blondeau and Roy, 2004; Cuerrier & Elders of Umiujaq and Kuujjuarapik, 2011; Courtenay, 2012).

Four wood fragments representing a single traditional Inuit bowl found in the HaGe-12 site were also analyzed. Four different species were distinguished: one spruce for the side of the bowl, one larch and one spruce/larch in the bottom of the bowl, and one oak as junction wood at the bottom of the bowl (Fig. 3d). This wooden bowl was attached by machined nails and likely dates the historic period between 1920 and 1950 (Avataq Cultural Institute, 2010a). Therefore, although the use of four species to assemble this bowl is interesting, the presence of oak, only found in temperate climes, confirms the use of at least one piece of manufactured imported wood for its construction. Oak and other rare species of temperate origin were also found at other Arctic sites, such as charcoals of beech (*Fagus* sp.), ash (*Fraxinus* sp.) and hazel (*Corylus* sp.) on Dorset, Thule and historical sites on southern Baffin Island from the Martin Frobisher expedition in 1576 (Laeyendecker, 1993a, b). Inuit living in Umiujaq had access to living trees as well as driftwood and manufactured wood during the historical period which would explain the variety of species used to make this traditional bowl. In comparison, three samples taken from the bottom and top of the pre-contact Inuit bowl found at the JeGn-2 site in Akulivik have all been identified as spruce. Accordingly, the manufacture of the various parts of traditional Inuit bowls seems based more on the wood available in each region from driftwood, trees and shrubs, shipwrecks, trade or expeditions.

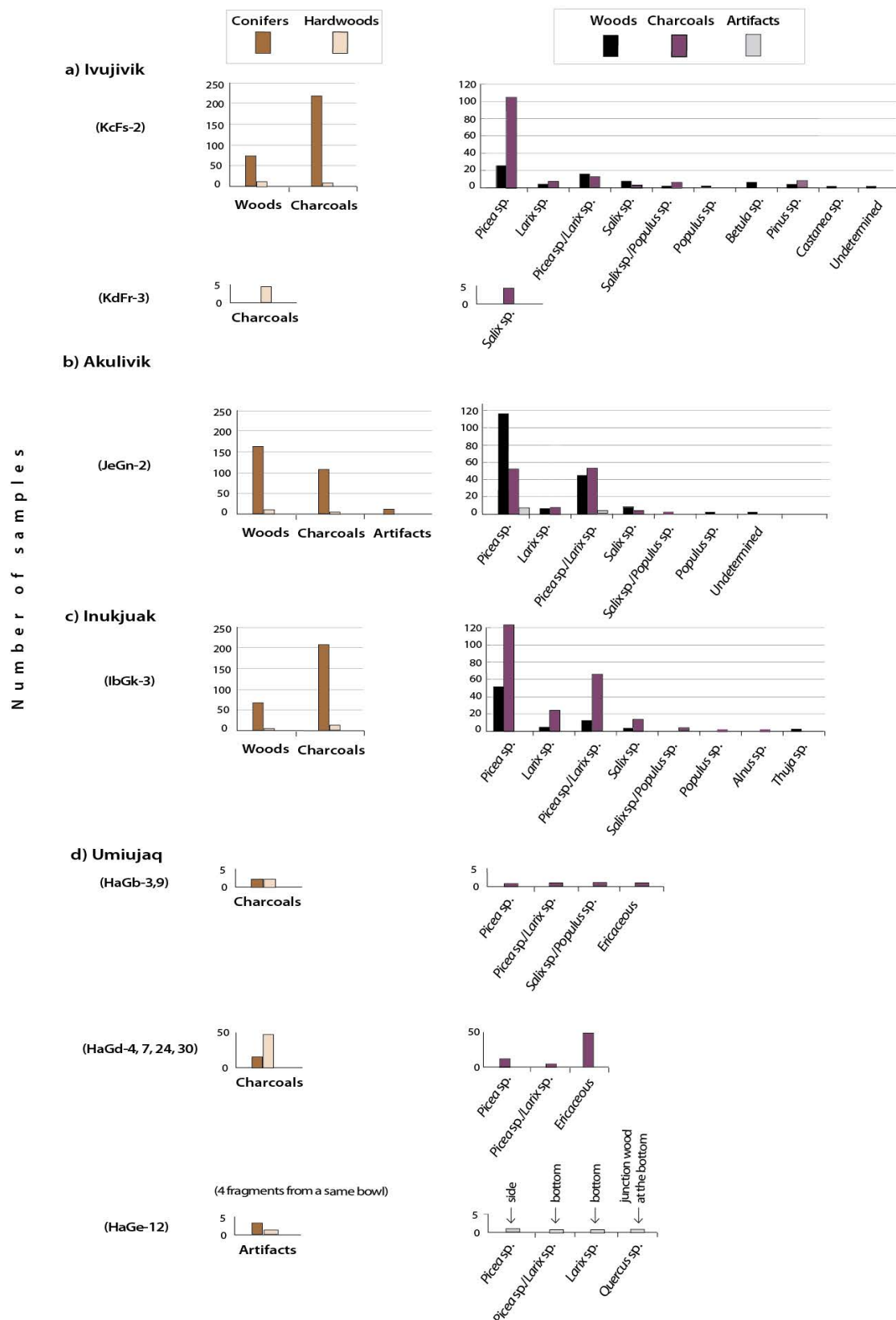


Figure 3 : Species distribution of charcoals and woods found in the different archaeological sites in a) Ivujivik (KcFs-2 and KdFr-3), b) Akulivik (JeGn-2), c) Inukjuak (IbGk-3) and d) Umiujaq (HaGb-3,9, HaGd-4,7, 24,30 and HaGe-12)



Figure 4 : Distribution of different species of pines and direction of water currents in Arctic (Department of Geography, University Laval, 2013, from Service hydrographique et océanographique de la Marine, 1974 and Natural Resources Canada, <http://aimfc.mcan.gc.ca/>)

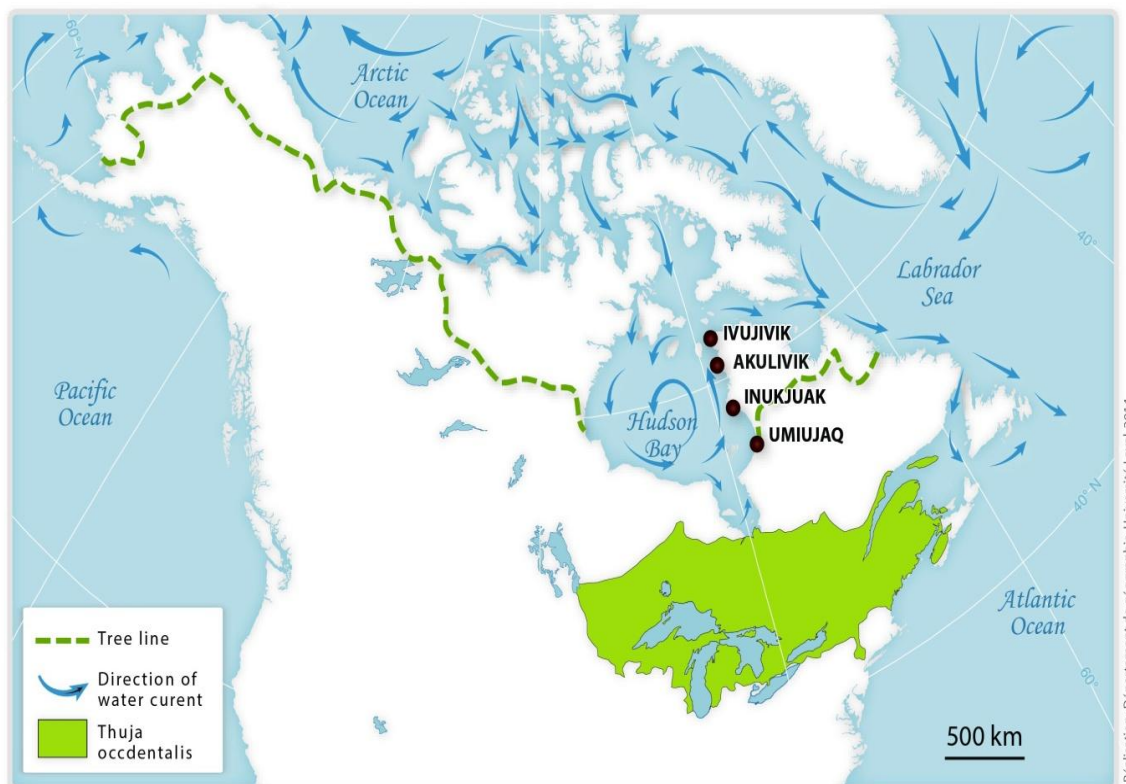


Figure 5 : Distribution of white cedar (*Thuja occidentalis*) in southern James Bay (Department of Geography, University Laval, 2013, from Natural Resources Canada, <http://aimfc.rncan.gc.ca/>)

### 3.2 Evaluation of wood resource calibers

The majority of wood and charcoal fragments recovered from the archaeological sites in Ivujivik, Akulivik and Inukjuak areas had no pith and external limits (Table 3). In addition, these archaeological wood fragments of coniferous and deciduous taxa are small or medium-sized (< 15 mm diameter). In total, only three charcoals (one conifer and two hardwoods) and six archaeological wood fragments (four conifers and one hardwood) contain the pith and the external limits of the wood. In contrast, 64.6% of charcoals from the archaeological sites of Umiujaq had the pith and the external limits of the wood (Table 3). However, they were very small (< 5 mm diameter) and represented *Ericaceae* taxa, which are common shrubs in this area and were frequently used by the Inuit in the past (Blondeau and Roy, 2004; Cuerrier and Elders of Umiujaq and Kuujjuarapik, 2011, Courtenay, 2012) (Fig. 3d).

The analysis of growth ring curvatures reveal that the majority of wood fragments and charcoal fragments (conifers and hardwoods) have moderately curved rings (Table 3). These woods would correspond to intermediate-sized stems such as medium tree trunks or large shrub branches. Indeed, Nunavik elders and their ancestors used a lot of medium-sized pieces of driftwood to make hunting implements or women tools (e.g. harpoons, knife handles, wick trimmers). Damaged medium pieces of driftwood or smaller woods and shrubs were also used to make fires, whereas the larger pieces of driftwood were rare and highly sought by the Nunavimmiut to build boats, kayaks or dog sleds (Steelandt *et al.*, 2013). In Umiujaq, the largest proportion of charcoals analyzed (75.4%) characterized by strongly curved rings, was *Ericaceae*. However, other sites in the area still have moderately curved rings confirming the extensive use of medium-sized coniferous and deciduous woods by the region's Inuit forebears.

Table 3 : Morphological features of archaeological woods and charcoals to evaluate the wood calibers: a) Presence/absence of pith/external limit, b) curved rings

Morphological features % (raw data)	IVUJIVIK (KcFs-2/KdFr-3)		AKULIVIK (JeGn-2)		INUKJUAK (IbGk-3)		UMIUJAQ (HaGb-3,9/HaGd-4,7,24,30/HaGe-12)	
	charcoals	woods	charcoals	woods	charcoals	woods	charcoals	woods
a)	n=139	n=55	n=119	n=125	n=218	n=24	n=65	/
Presence of external limit	< 1% (1)	/	/	2.4% (3)	3.6% (8)	12.5% (3)	7.7% (5)	/
Presence of pith and external limit	< 1% (1)	< 1% (1)	< 1% (1)	< 1% (1)	3.2% (7)	12.5% (3)	7.7% (5)	/
Presence of pith and external limit	< 1% (1)	/	/	4% (5)	< 1% (2)	4.2% (1)	64.6% (42)	/
Absence of pith and external limit	97.8% (136)	98.2% (54)	99.1% (118)	92.8% (116)	96.8% (211)	70.8% (17)	20% (13)	/
b)	n=106	n=27	n=116	n=120	n=207	n=22	n=65	n=3
Weakly curved rings	11.3% (12)	22.2% (6)	10.34% (12)	30% (36)	27.1% (56)	31.8% (7)	6.1% (4)	/
Moderately curved rings	67% (71)	70.4% (19)	75.9% (88)	58.3% (70)	70% (145)	68.2% (15)	18.5% (12)	100% (3)
Strongly curved rings	21.7% (23)	7.4% (2)	13.8% (16)	11.7% (14)	2.9% (6)	/	75.4% (49)	/

### 3.3 Hypothesis on the origin and dating of archaeological woods by tree-ring analysis

#### 3.3.1 - Average growth-ring width

Some interesting results emerge from the measurement of average ring widths of charcoals and wood fragments extracted from the archaeological sites but must be used

with caution because the size and shape of wood constituents can vary after combustion (Schweingruber, 1982) (Fig. 6). However, ring widths are not significantly different depending on the method employed to produce the charcoals (Salisbury and Jane, 1940).

For spruce, larch or undifferentiated spruce/larch wood and charcoal, the ring width bar charts for every village mainly show unimodal frequency distributions and positively skewed distributions of the values of the average ring width in the 0.5-1.0 mm class. Such distributions reveal that most of the archaeological wood resources of these two species probably come from tree populations where growth conditions were difficult. Archaeological charcoal and wood fragments characterized by larger average ring widths were rare and probably came from areas in southern Hudson Bay and James Bay, where growing environment is better.

Frequency distributions for willow wood and charcoal fragments from the KdFr-3 site near Ivujivik, JeGn-2 site near Akulivik and IbGk-3 site near Inukjuak are relatively scattered with average ring widths between 0-0.5 and 3-3.5 mm. These wood fragments probably come from different areas. The willow charcoal and wood fragments found at the KdFr-3 site and the JeGn-2 site have the same low average ring widths, between 0-0.5 mm, meaning they probably come from the same place, not far from the archaeological sites. However, as with the poplars, undifferentiated willows/poplars, alders, white birches, chestnuts and oaks, not enough specimens were collected and analyzed to produce statistically reliable information about their origin.

The distribution of six pine charcoals found at the KcFs-2 site near Ivujivik show a scattered pattern from 1.0 to 4.0 mm, which suggests they come from different tree populations. Finally, 32 charcoals of *Ericaceae* from the HaGd-4, 7, 24 and 30 sites near Umiujaq have the same average ring width, around 0-0.5 mm, and are probably local.



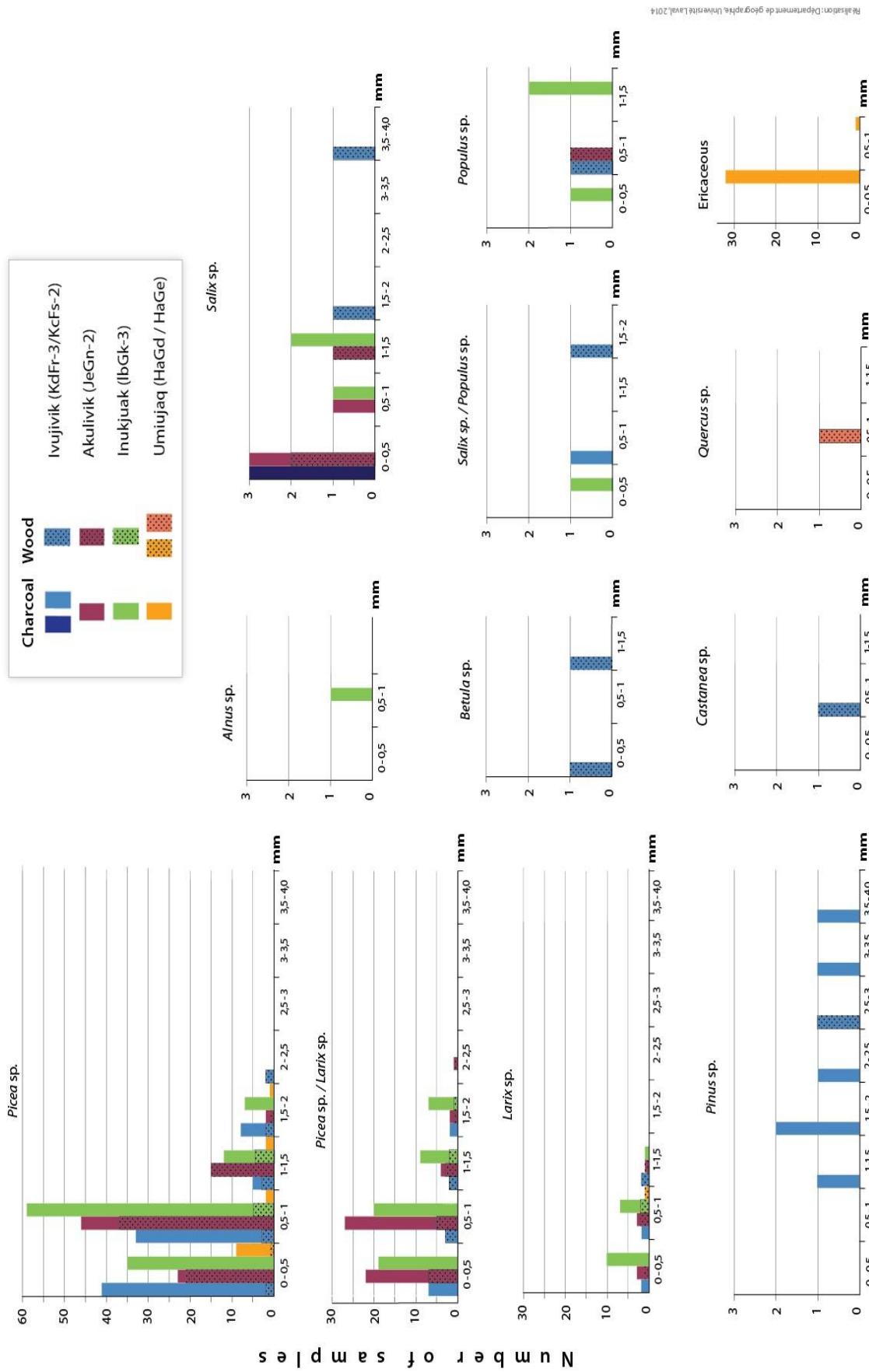


Figure 6: Histograms showing the frequency distribution of average ring width classes in the four areas for each species

### 3.3.2 - Comparison of average ring width of trees from different areas and average ring width of archaeological wood samples

It is probably over-optimistic to attempt to compare average ring widths of archaeological woods and recent trees, especially as it is difficult to distinguish between white spruce and black spruce (which have different growth rates). However, we decided to make this comparison with the aim of proposing hypotheses as to the origin of utilized woods which can be tested in future studies.

Figure 7 compares the mean of average ring widths of archaeological larch and spruce wood samples from the different study sites with mean average ring widths of living black larch and spruce trees from Churchill, James Bay, Kuujjuarapik, Umiujaq and Boniface (Table 1).

The results show that, by transposition, the average ring widths of archaeological larch samples from the IbGk-3 site in Inukjuak and the JeGn-2 site in Akulivik, which have respective values of  $0.84 \pm 0.1$  mm ( $n=2$ ) and  $0.8 \pm 0.3$  mm ( $n=5$ ), are closer to the average ring widths of trees along James Bay (Filion *et al.*, 2010). They could consequently come from this area (Table 1 and Fig. 7). The average ring width of the archaeological larch samples from the northern most site (KcFs-2) on Nuvuk Island, which is  $1.2 \pm 0.1$  mm ( $n=2$ ), is higher than the other referenced average ring widths and may come from milled wood or from more southern or unstudied regions.

The mean of average ring widths for archaeological spruce samples from the HaGb-3 and 9, and HaGd-4, 7, 24 and 34 sites around Umiujaq, which are respectively 0.4 mm ( $n=1$ ) and  $0.6 \pm 0.5$  mm ( $n=14$ ), also matches the trees from southern areas, for example between James Bay and Kuujjuarapik (Table 1 and Fig. 7). However, local wood from Richmond Gulf where larch and spruce forests grow presently suggests that the majority of archaeological woods used at these sites may probably be local. The average ring widths of the archaeological spruce samples from the IbGk-3 (Inukjuak) and JeGn-2 sites (Akulivik), which are respectively  $0.88 \pm 0.25$  mm ( $n=15$ ) and  $0.7 \pm 0.4$  mm ( $n=84$ ), are slightly greater but closer to the average ring widths of *Picea mariana* trees from James Bay (Nicault and Begin, unpublished) and *Picea glauca* trees from Belanger Island (Caccianiga and Payette, unpublished) (Table 1). Accordingly, it is possible that these archaeological woods come from these areas or areas farther south. Finally, the



average ring width of archaeological spruce woods from the KcFs-2 site (Nuvuk Island), which is  $1.1 \pm 0.7$  mm ( $n=15$ ), is higher than the average ring widths of other referenced average ring widths for the *Picea mariana* and *Picea glauca* trees from Churchill, James Bay, Kuujjuarapik and Boniface River (Table 1). This higher value suggests that these archaeological woods come from recuperated manufactured woods or from other regions that are farther south or unstudied.

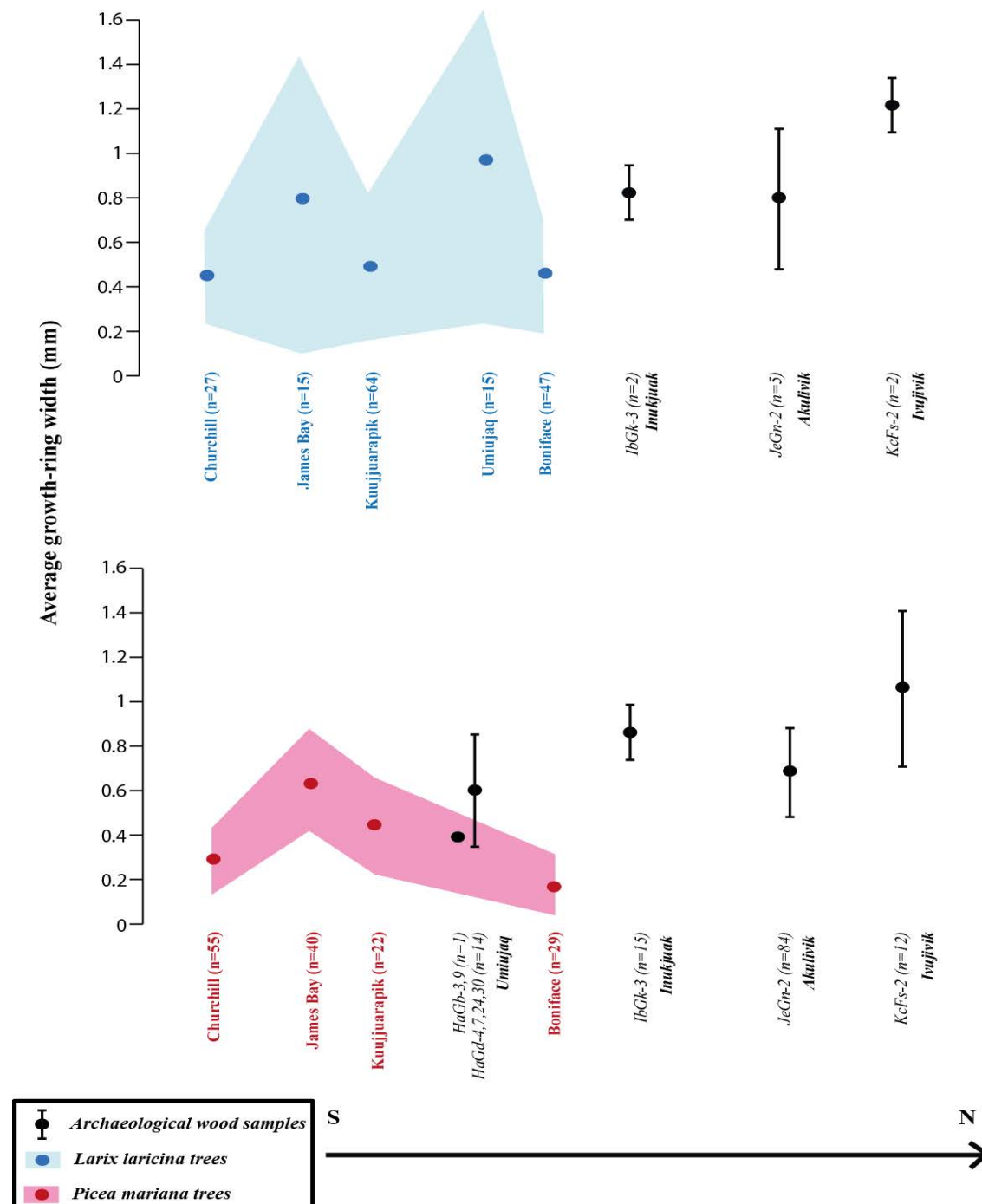


Figure 7 : Average ring widths of archaeological larch and spruce from the different study sites with average ring widths of *Larix laricina* and *Picea mariana* trees from Churchill, James Bay, Kuujjuarapik, Umiujaq and Boniface (cf: Table 1)

### 3.3.3 - Radiocarbon dating and cross-dating of archaeological woods

The larger archaeological wood fragments had less than 70 visible growth rings. Conventionally, only cross-dating with growth ring series numbering over 100 is considered statistically reliable. However, some cross-dating with existing tree chronologies have been tried in the time interval obtained from radiocarbon dating for four of the archaeological woods.

In Akulivik, the three larger archaeological wood fragments from the JeGn-2 site were dated by radiocarbon from AD 1220 to 1386 (best calibrated probability-1 sigma) (Table 4), which corresponds to the Thule/Inuit period. Two of these three fragments were identified as spruce and likely represent driftwood as spruce is the most common taxa of modern driftwood in Akulivik (Steelandt, S., personal communication, 2014). These two dated archaeological spruce fragments could be more accurately cross-dated with the *Picea mariana* chronology of Arseneault (unpublished) from Boniface River (694–1460) (Table 2). Thus, with this reference chronology, the first spruce sample (JeGn-2: 1850) dated by radiocarbon on its last growth ring (near the external limit) to AD 1365 to 1384 (best calibrated probability-1 sigma) would be dated to AD 1324 to 1361 (correlation value  $t=3.201$  and sign test of 53% at 99.9% significance) (Fig. 8). The second spruce sample (JeGn-2: 10) dated by radiocarbon on its last growth ring (near the pith) to AD 1220–1257 (best calibrated probability-1 sigma) could be dated to AD 1220 to 1249 (correlation value  $t=2.352$  and sign test of 68% at 99.9% significance). Their low  $t$ -values obtained under 3.5 suppose that these archaeological woods do not probably come from Boniface River. Moreover, these data must be taken with caution because only 37 and 29 growth rings were observed and analyzed respectively on these woods and the chronologies of these two wood fragments could only be tested with the Boniface River covering their  $^{14}\text{C}$  period. Thus, more cross-dating would be necessary to confirm their origin and dating. However, radiocarbon dating suggests that the spruce sample (JeGn-2: 10), which is older than the undetermined spruce/larch (JeGn-2: 22) from the same structure 5 (about 150 years) are likely reused driftwood (Table 4). Indeed, it is unlikely that this wood was picked up approximately one hundred years after being stranded on the beaches of Akulivik given the scarcity of large driftwood that makes it highly sought-after by the Inuit ancestors in this region (Steelandt *et al.*, 2013). Moreover, the floating time of spruce is about 17

months (Häggbloom 1982). Consequently, even if the wood was repeatedly stranded and carried north by the waters of the Hudson Bay, the probability that the wood travelled for over 150 years before arriving on the beaches of the region is highly unlikely.

Seven archaeological wood samples from the IbGk-3 site in Inukjuak were radiocarbon-dated as well to AD 1290-1560 (Table 4). Of these seven wood fragments, only one spruce piece could be cross-dated accurately to the *Picea mariana* chronology by Begin (unpublished) from Boniface river (1415-1986) and only one larch could be compared with the three *Larix laricina* chronologies of Filion *et al.* (2010) from Rivière-aux-Feuilles (1690-1992), Boniface river (1725-1992) and Kuujjuarapik (1710-1987) (Table 2). The first spruce sample (IbGk-3: 1765) dated by radiocarbon on its last growth ring (near the external limit of the wood) to AD 1523 to 1560 (best calibrated probability-1 sigma) could be dated to AD 1488 to 1520 (correlation value  $t=2.647$  and sign test of 61% at 99.9% significance) using the spruce chronology of Begin (unpublished). This low  $t$ -value, fewer than 3.5, suggests that this archaeological wood does not come from Boniface River. The second larch sample (IbGk-3: 1677) radiocarbon-dated to AD 1725 to 1814 (best calibrated probability-1 sigma) most closely correlates with the reference chronology of larch from Rivière-aux-Feuilles (1690-1992) where it could be dated to AD 1780 to 1818 (correlation value  $t=3.856$  and sign test of 46% at 99.9% significance) (Fig. 9). It is therefore possible that some archaeological wood fragments found at the IbGk-3 site were not driftwood but instead were cut down by Inuit at the inland location of Rivière-aux-Feuilles (Table 2; Fig. 1). Once again, these results must be taken with caution because only 32 and 39 growth rings were respectively analyzed on these woods and only three chronologies covering the  $^{14}\text{C}$  periods obtained could be tested. Moreover, the cross-dating carried out with the chronologies from Kuujjuarapik (1710-1987) and Boniface River (1725-1992) are also significantly correlated (Delwaide, 2009). Other archaeological woods dated by radiocarbon could not be cross-dated because they could not be differentiated between *Picea* sp. and *Larix* sp. and because no reference chronology covering their  $^{14}\text{C}$  periods exists as of yet. The radiocarbon dates identify a difference of about 400 years between the archaeological larch samples IbGk-3:1677 and IbGk-3:1755 that were collected from the same structure (Table 4). Like at the Akulivik site, this evidence supports the use and re-use of wood resources by Inuit.

Table 4:  $^{14}\text{C}$  and calibrated dating of archaeological woods from JeGn-2 and IbGk-3 sites. The four archaeological woods selected for dendrochronology analysis have been put in bold.

Samples	Area	Structure	Species	Growth rings	Radiocarbon dating (BP)	Calibrated dating-1 sigma (best probability)	Calibrated dating-2 sigmas (best probability)	References
<b>JeGn-2 : 1850</b>	Akulivik	9	<i>Picea sp.</i>	37	660 +/- 25 years	AD 1286 - AD 1304 (0.495833) AD 1365 - AD 1384 (0.504167)	AD 1280 - AD 1318 (0.498773) AD 1352 - AD 1390 (0.501227)	This study
<b>JeGn-2 : 10</b>	Akulivik	5	<i>Picea sp.</i>	29	805 +/- 25 years	AD 1220 - AD 1257 (1)	AD 1206 - AD 1272 (0.957121)	This study
JeGn-2: 22	Akulivik	5	<i>Picea/Larix sp.</i>	24	650 +/- 25 years	AD 1289 - AD 1308 (0.425795) AD 1361 - AD 1386 (0.574205)	AD 1282 - AD 1322 (0.45008) AD 1348 - AD 1392 (0.54992)	This study
IbGk-3: 1673	Inukjuak	1	<i>Picea/Larix sp.</i>	/	330 +/- 80 years	AD 1483 - AD 1642 (1)	AD 1427 - AD 1681 (0.942593)	Delwaide, 2009
IbGk-3: 1674	Inukjuak	1	<i>Larix sp.</i>	30	510 +/- 80 years	AD 1386 - AD 1455 (0.657211)	AD 1286 - AD 1521 (0.952868)	Delwaide, 2009
<b>IbGk-3: 1677</b>	Inukjuak	1	<i>Larix sp.</i>	39	210 +/- 25 years	AD 1725 - AD 1814 (0.424151)	AD 1616 - AD 1953 (0.867097)	Delwaide, 2009
IbGk-3: 1680	Inukjuak	1	<i>Picea/Larix sp.</i>	/	170 +/- 80 years	AD 1723 - AD 1816 (0.455012)	AD 1631 - AD 1955 (0.972516)	Delwaide, 2009
IbGk-3: 1755	Inukjuak	1	<i>Larix sp.</i>	70	650 +/- 25 years	AD 1289 - AD 1308 (0.425795) AD 1361 - AD 1386 (0.574205)	AD 1282 - AD 1322 (0.45008) AD 1348 - AD 1392 (0.54992)	This study
IbGk-3: 1756	Inukjuak	1	<i>Larix sp.</i>	38	405 +/- 25 years	AD 1444 - AD 1483 (1)	AD 1437 - AD 1515 (0.902196)	This study
<b>IbGk-3: 1765</b>	Inukjuak	1	<i>Picea sp.</i>	32	295 +/- 25 years	AD 1523 - AD 1560 (0.604948)	AD 1512 - AD 1601 (0.684657)	This study

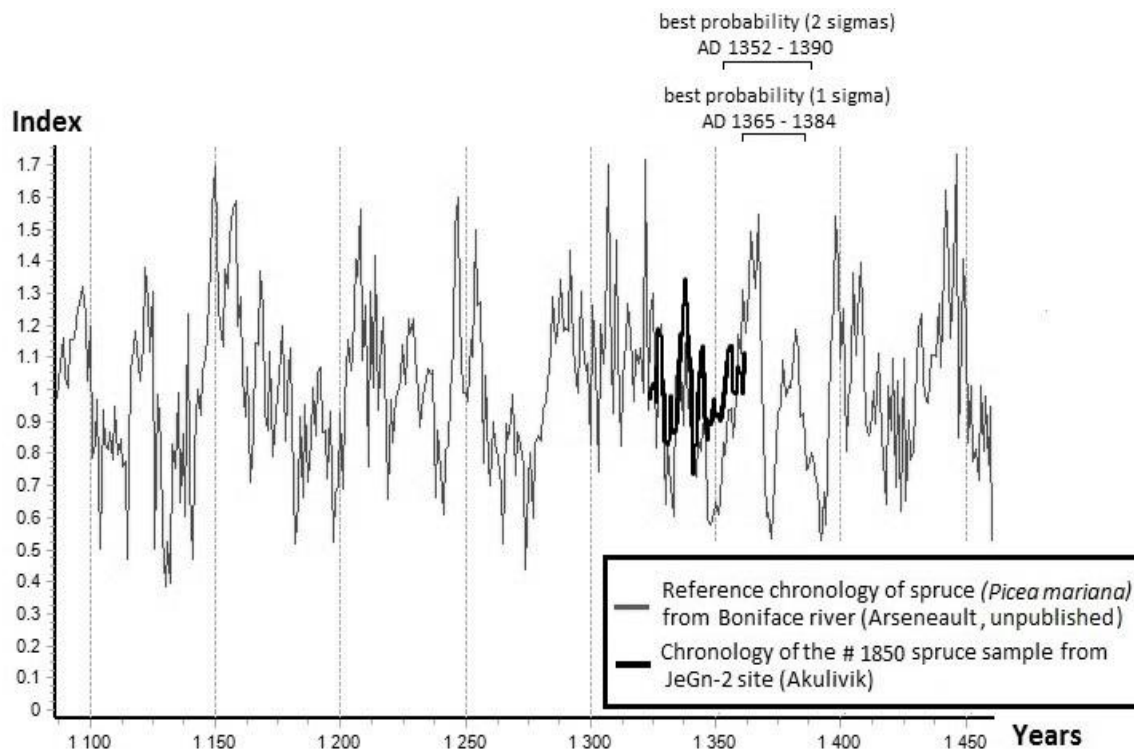


Figure 8 : Driftwood chronology of *Picea* sp. with 37 growth rings from JeGn-2 (Akulivik) via the chronology of spruce (*Picea mariana*) from Boniface river (Arseneault, unpublished). With this reference chronology, this sample would be dated from 1324 to 1361. The t-value is 3.201 (Gleichlaufigkeit) and sign test 53%.

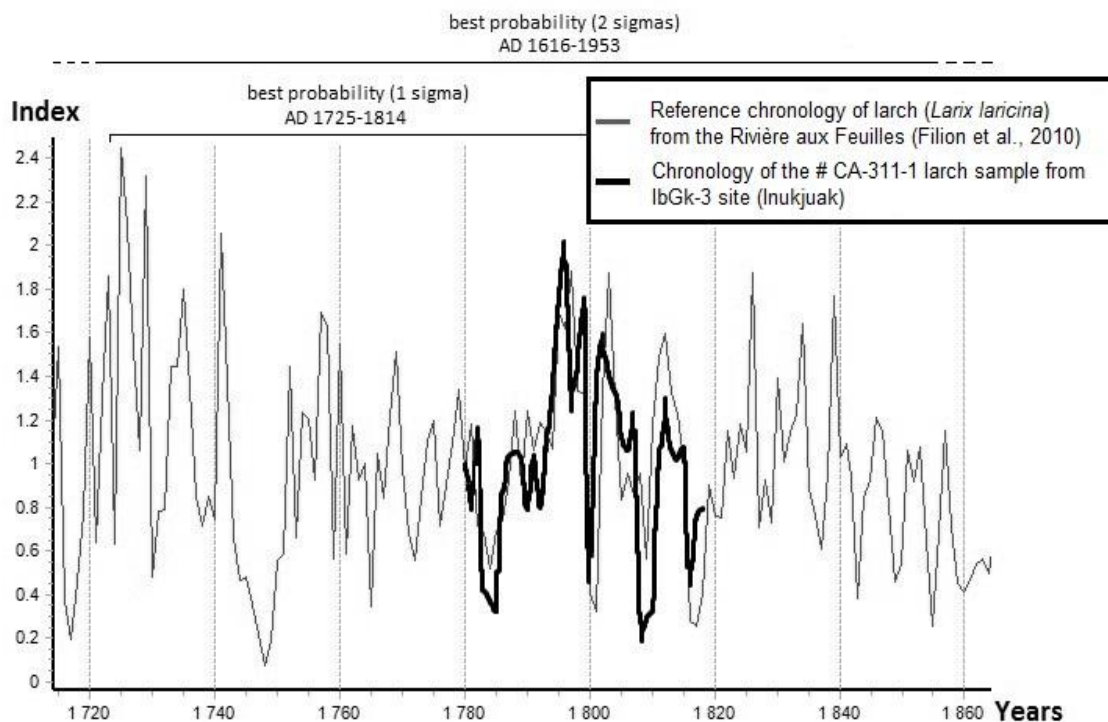


Figure 9 : Driftwood chronology of *Larix* sp. with 39 growth rings from IbGk-3 (Inukjuak) via the chronology of larch (*Larix laricina*) from Rivière-aux-Feuilles (Filion, Cloutier et Cournoyer, 2010). This sample would be dated from 1780 to 1818. The t-value is 3.856 and sign test (Gleichlaufigkeit) 46%.

#### 4. CONCLUSION

Our research is the first to document the composition of wood and charcoal fragments recovered from archaeological sites in the vicinity of Ivujivik, Akulivik, Inukjuak and Umiujaq (Nunavik). Taxa identified for archaeological wood fragments and charcoals yielded results similar to those obtained on modern driftwood taxa sampled from beaches of the same areas. Spruce is common but is anatomically very similar to larch and it was often difficult or impossible to differentiate the two on the basis of wood anatomy under a microscope. The use of larch by occupants of the settlements may therefore be greater than that identified in this study. Spruce and larch are the two main conifers used by the Palaeoeskimos and Thule/Inuit at these sites. Hardwoods such as willow or poplar are also present, but in smaller quantities, while alder and birch is extremely rare. Non-local taxa such as pine and chestnut found at the KcFs-2 site on Nuvuk Islands near Ivujivik and oak found at the HaGe-12 site near Umiujaq are likely manufactured woods introduced by euro-canadians (shipwrecks, trade, expeditions). The wood of another species, white cedar, found in the IbGk-3 site on Drayton Island (Inukjuak), likely drifted from the extreme south of James Bay where this species is endemic. Many *Ericaceae* charcoal fragments from small branches found at the archaeological sites in Umiujaq were probably collected locally since they grow in the region. Conversely, the majority of wood fragments and charcoals found at the other archaeological sites had moderately curved rings and contain no pith, bark or external limit, representing wood of medium caliber. Comparison of average ring widths of archaeological samples and of modern trees in Churchill, James Bay, Kuujjuarapik and Umiujaq revealed that most of the archaeological spruce and larch wood likely originated in the James Bay area or other southern regions. The ten largest pieces of archaeological wood from the JeGn-2 site (Akulivik) and IbGk-3 site (Inukjuak) were  $C^{14}$  dated to the Thule/Inuit period. The different dates obtained for archaeological woods from a same structure revealed that large wood pieces were likely re-used over hundreds of years. This suggests the importance of large wood pieces for Inuit. Only a limited number of these chronologies of these archaeological wood pieces could be cross-dated with established reference chronologies from Boniface River, Rivière-aux-Feuilles, or Kuujjuarapik in the time intervals of radiocarbon dates obtained. The correlations were relatively low except for an archaeological larch from the IbGk-3 site which could be dated fairly accurately to 1780 to 1818 AD with the reference

chronology of the Rivière-aux-Feuilles. The absence of reference chronologies in the periods obtained by radiocarbon dating of these woods means that other possible origins to the south of Akulivik and Inukjuak areas and in western Hudson Bay and James Bay cannot be ruled out. Thus, other reference chronologies would be necessary to clarify the origin and dating of these woods.

This paper conveys new knowledge relative to the study of archaeological woods. Recent excavations in Akulivik have yielded more wood fragments and they will undoubtedly increase our understanding on how Inuit have exploited these resources.

## 5. ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by grants from the Social Sciences Humanities and Research Council of Canada (SSHRC), which supported the *Time and Space among the Inuit of Nunavik* project of the 2008-2013 CURA program, and by the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC). We are grateful to the Avataq Cultural Institute and the Centre d'études nordiques for their logistical support. Thanks are also extended to L. Marcoux for assistance in making the maps and figures, G. Labrèche for the radiocarbon analyses, all of the Inuit participants for their collaboration in archaeological campaigns and the reviewers for their help in improving this paper through their advice, comments, and corrections.

## 6. REFERENCES

Alix, C., 2012. Introduction: les peuples de l'Arctique et le bois/ Arctic peoples and wood. *Etudes Inuit Studies*, 36(1), 5-22.

Alix, C., 2009. Persistence and change in Thule wood use. In: Maschner, H., Mason, O.K., McGhee, R. (Eds.), *The Northern World A.D. 900–1400*. The University of Utah Press, Salt Lake City, Utah.

Alix, C., 2008. L'usage du bois en Alaska Ethno-archéologie et dendrochronologie. *Les Nouvelles de l'archéologie*, 111-112.

Alix, C., 2007. Wood Artifacts and Technology at Qitchauvik. In: Mason, O.K., Ganley, M.L., Sweeney, Alix, C., Barber V. (Eds.), *An Ipiutak Outlier : A 1500-Year Old Qarigi at Qitchauvik on the Golovnin Lagoon*. NPS Technical Report NPS/AR/CRR/2007-67: 95-134. A Publication of the Shared Beringia Heritage Program. National Park Service, Alaska Region, Anchorage, Alaska.

Alix, C., 2005. Deciphering the impact of change on the driftwood cycle: contribution to the study of human use of wood in the Arctic. *Global and Planetary Change* 47(2-4), 83-98.

Alix, C., 2003. Wood Remains from the 2002. Excavation at Uivvaq Cape Lisburne. Uivvaq Heritage Project Field Season 2002. Final Report to Aglaq/CONAM in fulfillment of Contract 2103-004, GeoArch Alaska, Anchorage.

Alix, C., 2001. Exploitation du bois par les populations néo-eskimo entre le nord de l'Alaska et le Haut Arctique canadien. Thèse de doctorat, université de Paris-I – Panthéon, Sorbonne.

Arnold, C.D., 1994. The Importance of Wood in the Early Thule Culture of the Western Canadian, Arctic. In: Morrison D.A. et J.-L. Pilon (Eds.), *Threads of Arctic Prehistory: Papers in honour of E. Taylor, W.*, Canadian Museum of Civilization, Hull. Jr. Mercury Series ASC, 149: 269-279.

Avataq Cultural Institute, 2013. Archaeological Field School and Survey, Smith Island, Sivulitta Inuusirilaurtangit Atuutilaurtanigill. CURA Project, Fourth Year, Summer 2011. Report presented to Akulivik Municipality and Landholding Corporation, Government of Nunavut-Department of Culture, Language, Elders and Youth, Canadian Museum of Civilization and Inuit Heritage Trust, AR 294.

Avataq Cultural Institute, 2011. Chronologie de l'Arctique (<http://www.avataq.qc.ca/fr/L-institut/Departements/Archeologie/Decouvrir-l-archeologie/Chronologie-de-l-Arctique>)

Avataq Cultural Institute, 2010a. Reconnaissance archéologique dans les régions d'Umiujaq et de Salluit été 2009. Rapport archéologique AR 272, présenté aux municipalités d'Umiujaq et de Salluit, aux corporations foncières d'Umiujaq et de Salluit et au Gouvernement du Québec.

Avataq Cultural Institute, 2010b. Field report for archaeological investigations at KcFs-2, Nuvuk islands, Ivujivik, Nunavik. AR 275. Rapport de recherche, 14 p.

Avataq Cultural Institute, 2010c. Excavation at KcFs-2, House 1 and 3 (Interior). AR 277. Rapport de recherche, 26 p.

Avataq Cultural Institute, 2009a. IPY Archaeological Project, Inukjuak Fieldwork 2008. AR259. Rapport de recherche, 259 p.

Avataq Cultural Institute, 2009b. Archaeological survey of the Nuvuk islands and Surrounding Area, Ivujivik (Nunavik). AR 276-1. Rapport de recherche, 71 p.



Avataq Cultural Institute, 2008. IPY Archaeological Project Inukjuak Fieldwork 2007. AR 255. Rapport de recherche, 214 p.

Avataq Cultural Institute, 2007. Etat des connaissances région du lac Guillaume-Delisle. Institut culturel Avataq, 153 p.

Avataq Cultural Institute, 2005. Inventaire archéologique dans la région du lac Guillaume-Delisle, AR016a. Rapport de recherche, 87 p.

Avataq Cultural Institute, 1989. Inventaire archéologique de l'aire d'étude du village d'Akulivik, Nouveau-Québec: Réfection des infrastructures aéroportuaires. Tome 1: Textes et Annexes, presented to Ministère des Transports du Québec, Service de l'Environnement. Copies available from Avataq Cultural Institute, AR 038.

Bartholin, T., 1979. The Picea-Larix problem. IAWA Bulletin 1, 7-9.

Benkova, V.E. and F.H. Schweingruber, 2004. An anatomy of russian woods: an atlas for the identification of trees, shrubs, dwarf shrubs and woody lianas from Russia. Haupt, 456 p.

Bergeron, Y. and D., Gagnon, 1987. Age structure of red pine (*Pinus resinosa* Ait.) at its northern limit in Quebec. Canadian Journal of Forest Research 17, 129-137.

Birket-Smith, K., 1929. The Caribou Eskimos. Material and Social Life and Their Cultural Position. Report of the fifth Thule Expedition 1921-24, vol. V, part I & II, Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, Copenhagen.

Blondeau, M. and C. Roy, 2004. Atlas of Plants of Nunavik Villages. MultiMondes (Ed.), Sainte-Foy. In collaboration: Cuerrier, Plant Biology Research Institute at the Montreal Botanical Garden, and Avataq Cultural Institute, Montreal.

Burgess, D., MacAfee, K., Wetzel, S., Wang, B.S.P., 2011. Bibliographie annotée sur le pin blanc (*Pinus strobus* L.) et le pin rouge (*Pinus. resinosa* Ait.) de 1960 à 2007. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Administration centrale, Centre canadien sur la fibre de bois, Ottawa, 153 p.

Canadian Coast Guard, 2012. Ice Climatology *and* Environmental Conditions, chap.3, pp. 32-153.

Caccianiga, M., Payette, S., Filion, L., 2008. Biotic disturbance in expanding subarctic forests along the eastern coast of Hudson Bay. New Phytologist 178(4), 823-834.

Collins, H.B., 1951. Excavations at Thule culture sites near Resolute Bay, Cornwallis Island, N.W.T. National Museum of Canada Bulletin 123, 49-63.

Collins, H.B., 1952. Archaeological Excavations at Resolute, Cornwallis Island, NWT. National Museum of Canada Bulletin 126, 48-63.

Courtenay, C., 2012. Inuit ethnobotany and ethnoecology in Nunavik and Nunatsiavut, northeast Canada. Département de sciences biologiques, Faculté des arts et des sciences, Université de Montreal, 137 p.

Critchfield, W.B. and E.L. Little, 1966. Geographic distribution of the pines of the world: U.S. Department of Agriculture Miscellaneous Publication 991, 1-97.

Cuerrier, A. and Elders of Umiujaq and Kuujjuarapik, 2011. The botanical knowledge of the Inuit of Umiujaq and Kuujjuarapik, Nunavik. Nunavik: Avataq Cultural Institute.

Delwaide, A., 2009. Identification des espèces et analyse dendrochronologique de pièces de bois provenant de l'île Drayton, Inukjuak, Nunavik. Rapport de dendrochronologie, Centre d'Etudes Nordiques, Université Laval, 13 p.

Desrosiers, P.M., Lofthouse, S., Bhiry, N., Lemieux, A.M., Monchot, H., Gendron, D., Marguerie, D., 2010. The Qijurittuq site (IbGk-3), Eastern Hudson Bay: an IPY Interdisciplinary Study. *Geografisk Tidsskrift Danish Journal of Geography* 110(2), 1-6.

Dyke, A.S., England, J., Reimnitz, E., Jette, H., 1997. Changes in Driftwood Delivery to the Canadian Arctic Archipelago : The Hypothesis of Postglacial Oscillations of the Transpolar Drift Arctic. *Journal of the Arctic Institute of North America*, Calgary 50(1), 1-16.

Eggertsson, O., 1994. Origin of the Arctic driftwood - a dendrochronological study. Lundqua Thesis, vol. 32, Lund University, Department of Quaternary Geology, Lund.

Filion, L., Cloutier, C., Cournoyer, L., 2010. Dendroécologie des épidémies de la tenthrède du mélèze (*Pristiphora erichsonii*) dans l'est du Canada. In : *La dendroécologie - Principes, méthodes et applications*, Payette, S., Filion, L. (Eds.), Presses de l'Université Laval, Québec, Québec, Canada, pp. 437-466.

Fillion, L., Payette, S., Gauthier, L., Boutin, Y., 1986. Light rings in subarctic conifers as a dendrochronological tool. *Quaternary Research* 26, 272-279.

Forest Product Laboratory, 1974. Wood Handbook. United State Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook, 72 p.

Fritts, H.C., 1976. Tree Rings and Climate. Academic Press, New York, U.S.A. 117 p.

Giddings, J.L., 1952. The Arctic Woodland Culture and the Kobuk River. University Museum Monograph, vol. 8, University of Pennsylvania.

Girardin, M.P., Berglund, E., Tardif, J.C., Monson, K., 2005. Radial Growth of Tamarack (*Larix laricina*) in the Churchill Area, Manitoba, Canada. In: Relation to Climate and Larch Sawfly (*Pristiphora erichsonii*) Herbivory, Arctic, Antarctic and Alpine Research 37 (2), 206-217.

Gronnøw, B., 1996. Driftwood and Saqqaq culture woodworking in West Greenland. In: Cultural and Social Research in Greenland 95/96. Essays in Honour of Robert Peterson, Jacobson, B., Andreasen, C. and J. Rygaard, Illisimatursarfik/Atuakkiofik, pp. 73–89.

Häggbloom, A., 1982. Driftwood in Svalbard as an indicator of sea ice conditions. Geogr. Ann. 64-A: 81-94.

Hellmann, L., Tegel, W., Eggertsson, O., Schweingruber, F.H., Blanchette, R., Kirilyanov, A., Gartner, H., Buntgen, U., 2013. Tracing the origin of Arctic driftwood. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences 118(1), 68–76.

Hoadley, B.R., 1990. Identifying wood: Accurate results with simple tools. The taunton Press, 238 p.

Hustich, I., 1953. The boreal limits of conifers. Arctic Institute of North America 6(2), 149-162.

Hyttborn, H., Maslov, A.A., Nazimova, D.I., Rysin, L.P., 2005. Boreal forests of Eurasia. In: Andersson, F.(Ed.). Coniferous Forests Ecosystems of the World, Vol. 6, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 23-99.

Johansen, S., 2001. A dendrochronological analysis of driftwood in the Northern Dvina delta and on northern Novaya Zemlya. Journal of Geophysical Research 106 (C9), 19,929-19,938.

Johansen, S., 1999. Origin of driftwood in north Norway and its relevance for transport routes of drift ice and pollution to the Barents Sea. The Science of the Total Environment 231, 201-225.

Johansen, S., 1998. The origin and age of driftwood on Jan Mayen. Polar Research 17 (2), 125-146.

Laeyendecker, D., 1993a. Analysis of wood and charcoal samples from Inuit sites in Frobisher Bay. In: The Meta Incognita Project, Alsford, S. (Ed.), Contributions to Field Studies, volume 6, Canadian Museum of Civilization, Ottawa, 199-210.

Laeyendecker, D., 1993b. Wood and charcoal remains from Kodlunarn Island. In: Fitzhugh, W.W. and J.S. Olin (Eds.), Archeology of the Frobisher Voyages. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 155-172.

- Lavoie, C. et P. Payette, 1996. Domaine de la toundra forestière. In: Manuel de foresterie, Presses de l'Université Laval, Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, Sainte-Foy, pp. 247-256.
- Lemieux, A-M, Bhiry, N., Desrosiers, P., 2011. The geoarchaeology and traditional knowledge of winter sod houses in eastern Hudson Bay, Canadian Low Arctic. *Geoarchaeology* 26(4), 479-500.
- Lemieux, M.J., 2010. A management plan for native occurrences of eastern white cedar (*Thuja occidentalis* L.). In: Nova Scotia Department of Natural Resources, 26 p.
- Lemieux, A.M., 2009. Changements environnementaux et culturels en milieu arctique. Site archéologique Ib Gk-3, île Drayton, Inukjuak. Mémoire de Maîtrise, Université Laval, 109 p.
- Little, E. L., 1980. National Audubon Society field guide to North American trees: eastern region. Alfred A. Knopf, New York, New York, USA, 716 p.
- Nikolov, N. and H. Helmisaari, 1992. Silvics of the circumpolar boreal forest tree species. In: Shugart, H.H., Leemans, R., Bonan, G.B. (Eds.), *A System Analysis of the Global Boreal Forest*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 13-84.
- Ostenso, N.A., 1966. Arctic Ocean. In: Fairbridge, R.W. (Ed.), *The encyclopedia of oceanography*. New York: Reinhold Publishing Corporation, pp. 49-55.
- Mason, O.K., 2003. Uivvaq Heritage. Project Field Season 2002. Final Report to Aglaq/CONAM in fulfillment of contract 2013-004, GeoArch Alaska, Anchorage.
- Marguerie, D., Bégin, Y., Cournoyer, L., 2000. Distinction anatomique du bois du Mélèze (*Larix laricina*), de l'épinette blanche (*Picea glauca*) et de l'épinette noire (*Picea mariana*) en vue de l'analyse des macrorestes. *Géographie physique et Quaternaire* 54(3), 317-325.
- Marguerie, D. and J.-Y. Hunot, 2007. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in western France. *Journal of Archaeological Sciences* 34, 1417-1433.
- Mary-Rousseliere, G., 1979a. A few Problems Elucidated and New Questions Raised by Recent Dorset Finds in North Baffin Island Region, Arctic. *The Journal of the Arctic Institute of North America*, Calgary, 32 (1), 22-32.
- Mary-Rousseliere, G., 1979b. The Thule Culture on North Baffin Island: Early Thule Characteristics and the Survival of the Thule Tradition. In: McCartney (Ed.), *Thule Eskimo Culture: An Anthropological Retrospective*, Mercury Series 88. Archaeological Survey of Canada, Canadian Museum of Man, National Museum of Canada, Ottawa, pp. 54-75.

McCartney, A.P., 1977. Thule Eskimo Prehistory along Northwestern Hudson Bay. Mercury Series ASC, n°70, National Museum of Man, National Museums of Canada, Ottawa.

Mc Ghee, R., 1984. The Thule Village at Broome Point, High Arctic Canada. Mercury Series 125. Archaeological Survey of Canada, National Museum of Man, National Museum of Canada, Ottawa.

Nikolov, N. and H. Helmisaari, 1992. Silvics of the circumpolar boreal forest tree species. Shugart, H.H., Leemans, R., Bonan, G.B. (Eds.), A System Analysis of the Global Boreal Forest. University Press, Cambridge, pp. 13-84.

Panshin, A.J. and C. de Zeeuw., 1980. Textbook of wood technology. McGraw-Hill (Ed.), New-York.

Payette, S., 1996. Domaine de la toundra arctique. In : Bérard, J.A. and M. Côté (Eds.), Manuel de foresterie. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec et Les Presses de l'Université Laval, Québec, pp. 256-260.

Payette, S., 1983. The forest tundra and present tree-lines of the northern Québec-Labrador Peninsula. Nordica 47, 3-23.

Payette, S., 1976. Les limites écologiques de la zone hémis-arctique entre la mer d'Hudson et la baie d'Ungava, Nouveau-Québec. Cahiers de géographie de Québec 20 (50), 347-364.

Richter, H.G., Grosser, D., Heinz, I., Gasson, P.E., 2004. IAWA list of microscopic features for softwood identification. IAWA Journal 25 (1), 1-70.

Rousseau, C., 1974. Géographie floristique du Québec-Labrador. Distribution des principales espèces vasculaires, Québec. Travaux et Documents du Centre d'Études Nordiques 7, 799 p.

Rowe, J.S., 1972. Les régions forestières du Canada. Service canadien des forêts, Administration centrale, Ottawa, Ontario, 172 p.

Rudolf, P.O., 1990. *Pinus resinosa* Ait. red pine. In: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., technical coordinators. Silvics of North America. Vol. 1. Conifers. Agric. Department of Agriculture, Forest Service, Handb. 654. Washington, DC, U.S., pp. 442-455.

Salisbury, E.J. and F.W. Jane, 1940. Charcoals from Maiden Castle and their significance in relation to the vegetation and climatic conditions in prehistoric times. Journal of Ecology 28, 310-325.

Schneider, L., 1985. *Ulinaisigutiit*, an Inuktitut-English Dictionary of Northern Quebec, Labrador and Eastern Arctic Dialects (with an English-Inuktitut Index), Presses de l'Université Laval, Québec.

Schweingruber, F. H., 1990. Anatomie europäischer Hölzer. Anatomy of European Wood. In: Bern und Stuttgart (Eds), Haupt, 800 p.

Schweingruber, F. H., 1982. Measurement of densitometric properties of wood. In: Hughes, M. K., Kelly, P.M., Pilcher, J.R., Lamarche, J.V.C. (Eds.), Climate from tree rings. University Press, Cambridge, pp. 107-114.

Service Hydrographique et océanographique de la marine, 1974. Mer de Norvège, Mer de Barents, Mer Blanche et Océan Arctique. Instructions Nautiques, Serie E, vol. 5, Paris.

Stanford, D., 1976. The Walakpa Site, Alaska: It's Place in the Birnirk and Thule Cultures. In: Smithsonian Contribution to Anthropology (Ed.), Smithsonian Institution Press, Washington, D.C, 20, 226 p.

Steelandt, S., Bhiry, N., Marguerie, D., Desbiens, C., Napartuk M., Desrosiers, P., 2013. Inuit knowledge and use of wood resources on the west coast of Nunavik, Canada. Etudes Inuit Studies, 36 (1), 147-174.

Straneo, F. and J.F. Saucier, 2008. The Arctic-Subarctic Exchange Through Hudson Strait. Springer Netherlands (Eds.), Earth and Environmental Science, 249-261 pp.

Stuiver, M. and P.J., Reimer, 1993. Extended 14C database and revised CALIB radiocarbon calibration program, Radiocarbon, 35: 215-230.

Talon, B., 1997. Anatomical and comparative study of *Larix decidua* Mill. and *Picea abies* L. Karst. wood charcoal. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Serie III, Sciences de la Vie, 320(7), 581-588.

Turner, L.M., 1894. Ethnology of the Ungava District, Hudson Bay Territory. Annual Report of the Bureau of

Vallée, S. and S. Payette, 2004. Contrasted growth of black spruce (*Picea mariana*) forest trees at treeline associated with climate change over the last 400 years, Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 36 (4), 400-406.

Wang, L., 2000. Tree-ring growth of black spruce at arctic treeline in northern Quebec : Implication for climate change. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, Québec.

Wilson, K. and D.J.B. White, 1986. Reaction wood: its structure, properties and functions. In: Wilson, K. and White, D.J.B. (Eds.), The anatomy of wood: its diversity and variability, London, UK: Stobart and Son Ltd, pp. 222-250.

Zobel, B.J. and J.P. van Buijtenen, 1989. Wood variation: its causes and control. Springer-Verlag, Berlin, 363 p.



## CHAPITRE 3

### **Inuit knowledge and use of wood resources on the west coast of Nunavik, Canada**

Steelandt, Stéphanie<sup>1,2</sup>; Najat Bhiry<sup>1</sup>, Dominique Marguerie<sup>2</sup>, Caroline Desbiens<sup>1</sup>, Minnie Napartuk<sup>3</sup> et Pierre M. Desrosiers<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Département de géographie,  
Université Laval, Pavillon Abitibi-Price  
2405, rue de la Terrasse  
Québec, Québec G1V0A9, Canada

<sup>2</sup> Laboratoire Archéosciences,  
UMR 6566 CReAAH, Université de Rennes 1  
Campus de Beaulieu  
35042 Rennes cedex, France

<sup>3</sup> Avataq Cultural Institute,  
360-4150 rue Ste-Catherine Ouest,  
Westmount, Quebec H3Z 2Y5, Canada.



## RÉSUMÉ

Le bois flotté et les arbustes sont les principales ressources en bois dans la plupart des régions côtières du Nunavik. Aujourd'hui, ces matières premières sont principalement utilisées pour le feu dans les campements mais dans le passé, elles tenaient une place importante dans la vie des ancêtres des Inuit. Cet article documente le savoir traditionnel inuit concernant l'origine, la disponibilité, la collecte et l'exploitation des ressources en bois dans cette région située en Bas-Arctique et en Subarctique. Des entrevues ont été réalisées avec 27 Inuit âgés de 60 à 89 ans habitant à Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq, des villages de la côte est de la baie d'Hudson. Nos données révèlent que, entre autres, les noms en inuktitut des pièces de bois flottés leur étaient donnés en fonction de leur forme, leur aspect, leur couleur et leur texture. Les savoirs traditionnels sont plus précis et diversifiés dans les villages les plus au sud car le bois flotté y est plus abondant. Le bois d'arbustes (saules, bouleaux et aulnes) était principalement coupé en automne pour faire du feu, des matelas, des tapis (*alliat*) ou d'autres objets. Selon les participants, le bois flotté proviendrait du sud de la baie d'Hudson et de la baie James, et s'échouerait sur les plages à la fin de l'été ou en automne. À l'extrême nord du Nunavik, où le bois flotté est petit et grêle, les Inuit le collectaient durant l'été par bateau (*umiaq* ou *qajaq*) alors que plus au sud, le ramassage avait lieu en hiver par traîneaux à chiens.

## ABSTRACT

Driftwood and shrubs are the primary wood resources available in most areas of coastal Nunavik. Today, they are mainly used as fuel for campfires, but historically they were very important for the Inuit ancestors. This article documents Inuit traditional knowledge about the origin, availability, gathering, and exploitation of wood resources in this region located in the Low Arctic and the Subarctic. Interviews were conducted with 27 Inuit between 60 and 89 years of age in the villages of Ivujivik, Akulivik, Inukjuak, and Umiujaq on the east coast of Hudson Bay. Our data reveal, among other things, that Inuktitut names for pieces of driftwood were based on shape, aspect, colour, and texture. This traditional knowledge was very accurate and highly diverse in the southern villages because of their significant exposure to driftwood. Wood from shrubs (i.e. willows, birches, and alders) was mainly harvested in the fall and used to make fires, mattresses, sleeping mats (*alliat*), and other objects. According to the participants, driftwood originates in southern Hudson Bay and James Bay and is washed up on the beaches in late summer and the fall. In the far north of Nunavik, where driftwood is small and slender, Inuit used to collect it during the summer from a boat (*umiaq* or *qajaq*). Further south, it was gathered during the winter by dogsled.

## 1. INTRODUCTION

"I think it is important that our grandchildren know how wood was used in Nunavik" (Aibillie Echalook). This statement by an elder from the village of Inukjuak reflects the special importance of this natural resource for the inhabitants of this Arctic region where trees are rare or absent. It also reveals the importance of passing on wood-related techniques and activities to the younger generation.

In the Canadian High Arctic, Alaska, and Greenland, several studies have documented driftwood availability and its exploitation by Inuit and other northern residents (Alix 2004, 2005, 2006, 2007, 2009; Alix and Brewster 2004; Arnold 1994; Dyke and Savelle 2000; Grønnow 1996; Laeyendecker 1993; Lepofsky et al. 2003). In northeastern Canada (Nunavik and Nunatsiavut), little is known about wood acquisition and use (Lemieux et al. 2011; Lemus-Lauzon et al. 2012). Yet wood was used, as attested by the Qijurittuq site (IbGk-3) on Drayton Island near Inukjuak (Figure 1), where numerous pieces of wood 2 to 3 m long have been found. This wood formed the roof structures of semi-subterranean houses (Lemieux et al. 2011).

The following article documents what the Nunavimmiut (inhabitants of Nunavik) traditionally knew about availability and exploitation of wood resources (driftwood and shrubs) in eastern Hudson Bay. The following questions guided our research: 1) Where are the sources of driftwood found on the west coast of Nunavik? 2) How were driftwood and shrubs gathered? 3) Were there any variations in how the raw material was selected?

Wood conveys values and reflects a distinctive worldview, especially of nature and living things (Denzing and Lincoln 2005: 1; Stevenson 2010: 9). This knowledge is extremely valuable because it originates from experiences accumulated over thousands of years through direct contact between a cultural group and the environment in which it evolves (Berkes 2008: 6). In Nunavik, as in numerous other cultures, this traditional knowledge is transmitted orally from generation to generation. Over time, with the settling of Inuit in villages and the education of youth in schools, oral transmission of cultural knowledge began to diminish. Nevertheless, Inuit elders still possess extensive knowledge about how their ancestors lived, especially because they and their parents

lived a nomadic lifestyle during their childhoods. Thus, their knowledge of the environment, especially about availability and exploitation of wood resources on the west coast of Nunavik, results from a multitude of experiences.

## **2. STUDY REGIONS**

Interviews were conducted during the summer of 2011 in four villages on the east coast of Hudson Bay: Ivujivik, Akulivik, Inukjuak, and Umiujaq (Figure 1). All of these villages have numerous archaeological sites dating to the Palaeo-Eskimo (3800 to 800 BP) and Neo-Eskimo (around 800-700 BP to the present) periods. Semi-subterranean sod houses, caches, tent rings, and graves have been located there (e.g., Avataq Cultural Institute 2008, 2009, 2010, 2013). Such finds attest not only to the long history of human occupation, but also to environmental change. In particular, sea-level variations affected the littoral zone, as shown by raised beaches that formed following the retreat of the Tyrrell Sea (e.g., Plumet 1974).

Ivujivik is in an Arctic environment influenced by prevailing strong air currents that cross Hudson Strait from east to west. Arctic tundra predominates, specifically grass tundra (Payette 1983). Currently, the village has approximately 370 inhabitants. Akulivik is about 150 km south of Ivujivik on the shrub tundra (Payette 1983). Many remains of winter sod houses have been recorded in the area and their presence may be linked to open winter water, which would have made it a good site for sea mammal hunting (Avataq Cultural Institute 2013). Akulivik has 615 inhabitants. The community of Inukjuak is 225 km south of Akulivik in the Arctic climate zone and lies on the shrub tundra (Payette 1983). Up to 1,597 Inuit live in this village. Finally, the Umiujaq region (which includes Richmond Gulf) is about 225 km south of Inukjuak. Triangular in shape, Richmond Gulf occupies an area of approximately 710 km<sup>2</sup>. The freeze-up of Hudson Bay from January to May gives the region a continental climate, the vegetation being forest tundra (Payette 1983). Umiujaq has a population of 444. The population in all four villages is young, with a median age of approximately 20.

### 3. METHODS

During the summer of 2011, one-hour-long semi-directed interviews were conducted with 27 Inuit between 60 and 89 years of age. We sought participants over 60 since they would most likely know about traditional use of wood. We tried to balance the number of men and women interviewed in each village in order to represent the diversity of the population and to create a convenience sample (Stevenson 2010: 12). The participants were six Inuit from Ivujivik and Akulivik (three men and three women), nine Inuit from Inukjuak (five men and four women) and six Inuit from Umiujaq (four men and two women). The topics were: 1) names and characteristics of driftwood available on the beaches on the west coast of Nunavik; 2) gathering and use of wood from shrubs (willow, birch, and alder); and 3) origin, availability, gathering, and use of driftwood.

Interviews were conducted with the aid of an "Inuktitut/English" and "Inuktitut/French" translator when required. Participants were recruited via a combination of the local press, calls to local radio stations, word of mouth (especially with the help of the interpreters), and "snowball" (or "chain") sampling. Most of the interviews took place at the participant's home while some were held in the municipal office or outside (e.g., on the beach). Some visual aids were used during the interviews to help participants describe relevant details. These included maps of the four villages and wood gathered around the villages. Audio and/or video recordings were made.

Interview data were transcribed and analysed using qualitative methods by combining common responses into categories and identifying links between the data (Creswell 1994: 173; Marshall and Rossman 1989: 209). This method encourages researchers to consider the social background of the participants (e.g., sex, time spent in the village, birthplace, relationship, job or role in the community) in order to avoid reckless generalisations (Mishler 1986: 16).

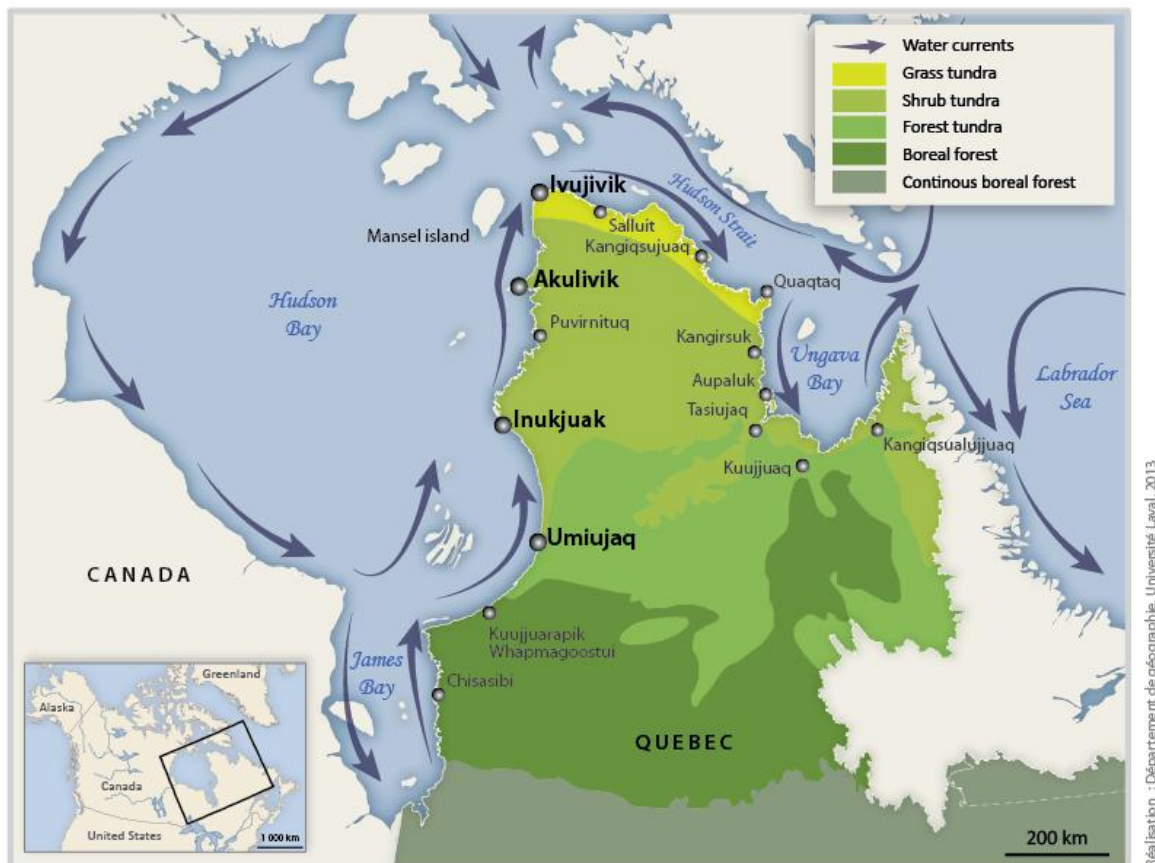


Figure 1 : Location of the four study regions in Nunavik

#### 4. WOOD RESOURCES AND RELATED VOCABULARY

We also tried to determine the overall consistency, within distinct regions, of Inuktitut names for different kinds of trees, shrubs, and driftwood (Avataq Cultural Institute 2012) (Table 1). Our interviews with Nunavik elders supplement the existing linguistic research on the subject in the Arctic (Alix 2007; Arima et al. 1991; Heath and Arima 2004; Lemus-Lauzon et al. 2012; Fienup-Riordan 2007; Petersen 1986; Zimmerly 2000). Some similarities can be observed. *Pingik*, for example, refers to larch (*Larix sp.*) in Nunavik and Labrador (Lemus-Lauzon 2012: 124). A similar name, *pingek*, is also used in Greenland to refer to red driftwood, which is likely larch (Peterson 1986). Even in Nunavik, this vocabulary varies between different areas. As participants confirmed, the terms for wood can change from one village to another and even within the same village. These terms vary depending on where the elders and their parents and ancestors originated. In addition, this knowledge was transmitted orally and, when recorded during various studies, was often transcribed phonetically using English spelling.

In Ivujivik and Akulivik, the participants did not differentiate between the kinds of driftwood found on beaches, but they knew the names of some local shrubs, such as *avaalaqiaq* for Arctic dwarf birch (*Betula glandulosa*) and *urpiq* (plural: *urpiit*) for gray willow (*Salix glauca*). In Akulivik, Maggie Aliqu also noted a third kind of shrub that grows near the water called *urpigaq*, otherwise known as green alder (*Alnus viridis*). In contrast to these northern villages, many different names are used for driftwood further south in Inukjuak and Umiujaq. The names differ by form, aspect, colour, texture, and other characteristics. In Inukjuak, Elisapi Weetaluktuk and Aibillie Echalook listed approximately 10 different kinds. Pictures of driftwood were seldom useful when shown to the participants to elicit a specific list of names (Figure 2). If the northern elders had visited or lived in the southern area (i.e. in Umiujaq or Kuujjuarapik), they knew more than 10 names. Adamie Niviexie, whose father was a wood worker who built boats in Kuujjuarapik, gave 92 names, although some of them included names for wood used in different boat parts (*umiaq* or *qajaq*). Such terms vary extensively by region (e.g., Arima 1964; Arima et al. 1991; Bruemmer 1976; Heath and Arima 2004; Saladin d'Anglure 1967; Snaith 1997; Peterson 1986; Victor and Robert-Lamblin 1989; Zimmerly 2000). In Inukjuak, other elders who still make *qajait* in the traditional way did not list the same names or as many names, a sign of the influence of the region of origin. Some of these names are presented in Table 2.

In Umiujaq, all the participants referred to larch (*Larix sp.*) by the name *pingik*. Spruce (*Picea sp.*), called *napaartutuinnag*, is also abundant and well known in this area but was not mentioned during our interviews (Avataq Cultural Institute 2012; Schneider 1985). There were many more references to *pingik* (*Larix sp.*) than to *napaartutuinnag* (*Picea sp.*) because the flexibility and resilience of larch make it more suitable for the Inuit (Forest Product Laboratory 2010: 5-26). Larch was likely preferred here, as it was in the Canadian High Arctic by Thule groups from Alaska (Alix 2001: 389-393). Turner (1894: 241) notes that larch was preferred for sled making in Ungava Bay. Taking all these factors into account, there seems to be a greater diversity of local knowledge about wood resources in the southern villages. Such greater awareness is mainly due to the proximity of trees and shrubs to the villages.





Table 2 : Examples of *qajaq* ('boat') vocabulary of elders in Inukjuak

Inuktitut	Syllabics	English/Description
<i>apummak</i>	ᐱᐅᐃᐅ	big piece of wood in <i>qajaq</i> on the upper boards (gunwales)
<i>qullutik</i>	ᑭᐅᐅᐅᐅ	big piece of wood in the middle, the lower angle of the side of the <i>qajaq</i>
<i>sianiq</i>	ᓂᐅᐅᐅ	big piece of wood in the bottom
<i>natiujaq</i>	ᐅᐅᐅᐅᐅ	double-end, small floor
<i>natiq</i>	ᐅᐅᐅ	the whole floor
<i>masik</i>	ᐃᓂᐅ	in front of the front curve of a <i>qajaq</i> (heavy curved deck beam supporting the front of the cockpit)
<i>masiarusik</i>	ᐃᓂᐅᐅᐅᐅ	same as “masik” but smaller
<i>tippik</i>	ᐅᐅᐅᐅ	<i>qajaq</i> rib
<i>ittivik</i>	ᐅᐅᐅᐅᐅ	behind the <i>qajaq</i> (deck beam at the back of the cockpit)
<i>tunirjuk</i>	ᐅᐅᐅᐅᐅ	top of the <i>qajaq</i> (deck stringer)



Figure 2 : Driftwood gathered and shown to the elders during the interviews

## 5. INUIT KNOWLEDGE ABOUT SHRUBS AND TREES IN NUNAVIK

### 5.1 Collection of shrubs and trees

Based on the responses of Inuit elders in the four villages, we conclude that wood from shrubs, such as gray willow (*urpiq*), green alder (*urpigaq*), and Arctic dwarf birch (*avaalaqiaq*), was cut mainly during the fall (i.e. September) before the first snowfall. During this period, shrubs lose most of their leaves, making their branches easier to collect and lash together. Two participants also mentioned that they would start cutting these shrubs in the summer during the berry-picking season. In Umiujaq, on the forest

tundra, trees such as spruce and larch were sometimes cut during the summer. All of the participants from that region nonetheless said that winter was the best time for cutting:

"For trees, they went to cut them in winter, same as today. For shrubs, it was in autumn" (Joshua Sala).

The Inuit were traditionally nomadic and would cut shrubs wherever they happened to be camping during the hunting season. Wood gathering around the camps appears to have been the job of women, who used knives (*ulu*) to cut branches from shrubs. Elders identified some preferred locations for wood gathering. In Ivujivik (Figure 3), Uniurtitak Ainalik indicated that Narquniq, about 2 km away, was a desirable location. Mattiusi Iyaituk mentioned Kuuvik, between Ivujivik and Akulivik. Both were places where they could go by dogsled to cut dwarf willow (*urpiq*).

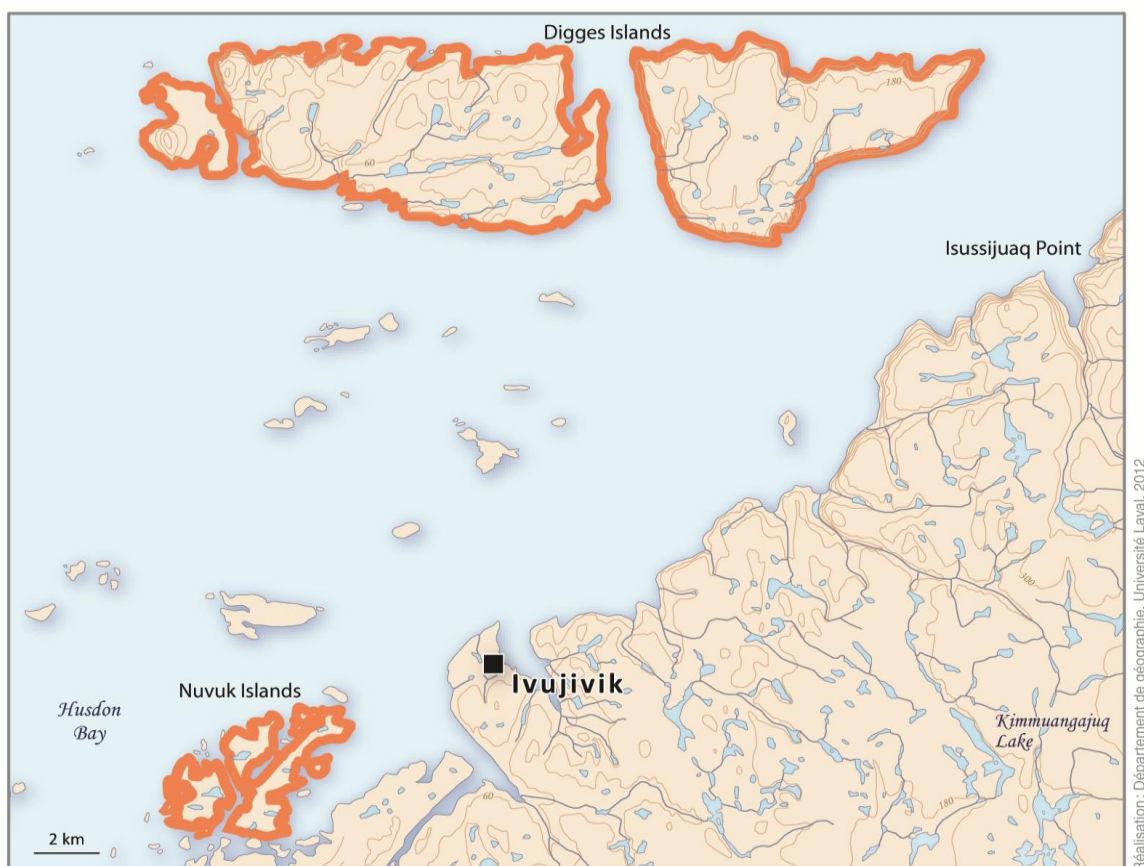


Figure 3 : Map of Ivujivik and surrounding area. Shaded areas: best places for driftwood gathering

In Akulivik, Maggie Aliqu indicated that Kuuvik (likewise mentioned by Iyaituk above) also had many dwarf willow. She and two other elders noted an area about 6 km northeast of the village, between lakes Akullipaaq and Kanajulik, where they used to go for dwarf birches (*avaalaqiat*) by dogsled (Figure 4). These elders sometimes travelled around the village to pick up willows (*urpijat* and *urpiit*) that they would carry by hand, in bags, or by sled. According to Lydia Qumak, their parents and ancestors went further into Smith Island to cut shrubs during the summer around their camp. Another elder stated that their parents and ancestors would sometimes travel by *qajaq* around Akulivik in order to harvest shrubs.

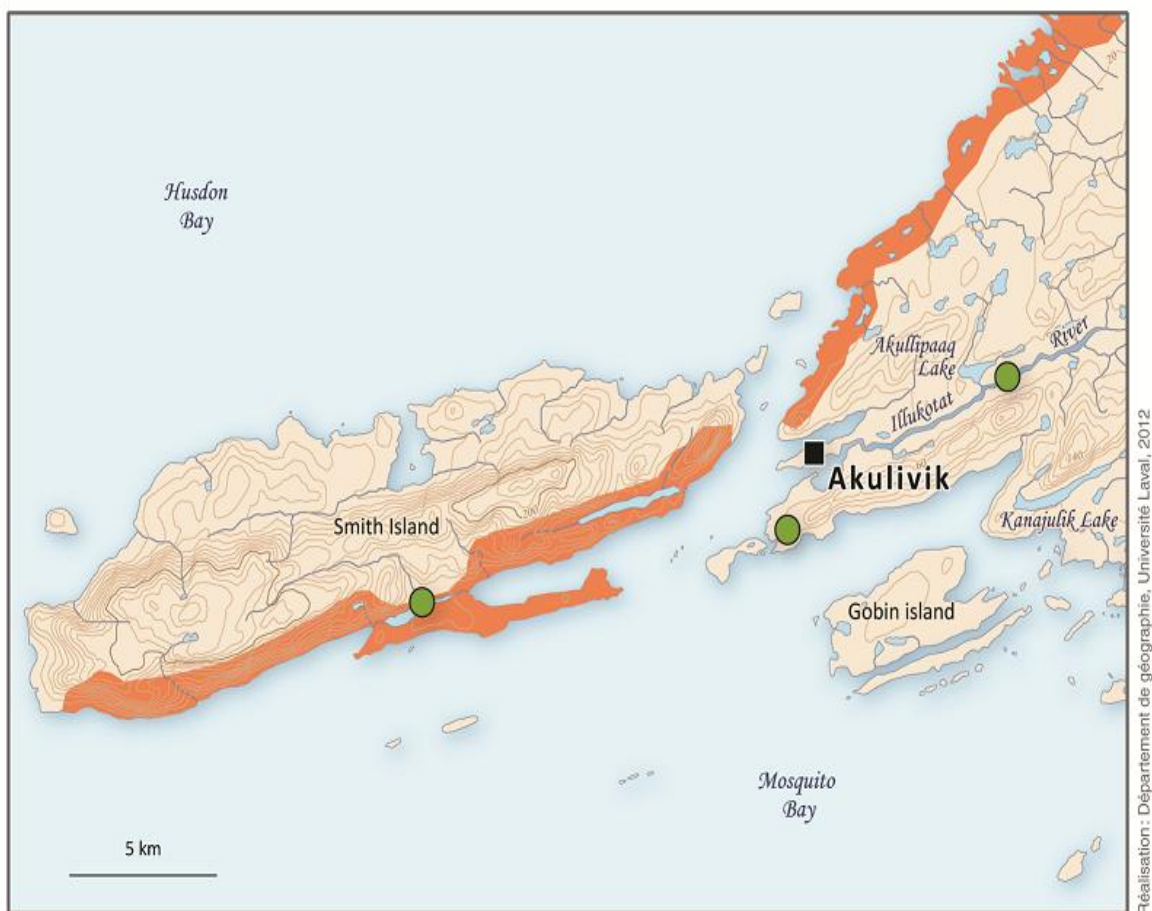


Figure 4 : Map of Akulivik and surrounding area. Green dots: best places for gathering driftwood ; shaded areas: best driftwood accumulation sites

In Inukjuak, three elders indicated that they would cut shrubs on the mainland across from Drayton Island, north of the Tikirakutaaq headland where they camped (Figure 5). To bring the wood back home, people from this village used a special technique that elders from the other villages did not mention. Wood from the shrubs would be tied together with a sealskin rope, and the bundle carried on one's back:



"They picked them up everywhere because they were nomads. But when school started, everyone gathered in one place [...]. After cutting *avaalagiat*, we tied the branches with a rope made of sealskin and we put them on our back" (Nellie Nastapoka).



Figure 5 : Map of Inukjuak and surrounding area. Green dots: best places for gathering shrubs; shaded areas: best driftwood accumulation sites

In this same village, Adamie Nivaxie noted that he had travelled through Kuujjuarapik (about 150 km south of Umiujaq) by dogsled during the winter in order to cut wood from large trees. Some of the elders in each village also told us that their parents and ancestors would sometimes cut wood from some trees in the forest tundra when travelling there for weddings, church, trade, or meetings: "I heard that my ancestors used to cut wood when they went to church in Kuujjuarapik but that did not happen often because it was very far away" (Lucy Weetaluktuk, Inukjuak).

Finally, in the vicinity of Umiujaq, the Inuit and their ancestors would cut wood not only from shrubs but also from trees. They cut wood from spruce or larch during the winter and bring the pieces back by dogsled. Four of six participants from this village said that one of the best places to cut tree wood is northeast of Tasiujaq (Richmond Gulf) near Katattulialuup Kuunga (Clearwater River) (Figure 6):

Before, we went to cut the trees but not many shrubs. We cut the big trees into small pieces with an axe so we could carry them. Before, if we were not far from the trees, we brought them back just by walking. It could be very close, anywhere in Taiujaq (Richmond Gulf). We brought them back on foot with snowshoes on our backs (without a cord) by changing shoulders until we used the dogsled. [...] No, we never took the *qajaq* to bring wood [...]. Today, it's further north of Richmond Gulf. I don't know where they went for small shrubs like *urpiq* and *avalaqiaq*. We didn't use them much (Jobie Crow).

Shrub wood was harvested from the vicinity of the camps, according to Annie Cookie, and from north of the Nastapoka River, according to Joshua Sala.



Figure 6 : Map of Umiujaq and surrounding area. Green dots: best places for gathering shrubs; shaded areas: best places for gathering driftwood

Because people can now purchase commercially processed wood brought in from southern Quebec by plane or boat, all the participants said that they now gather wood from shrubs when camping only in order to make a fire or to teach younger Inuit how to make fires. In Umiujaq, trees are still felled near camps northeast of Richmond Gulf, for example, near the Clearwater River, and on islands further north in the region (Figure 6). The Inuit would transport trees and shrubs during the winter by snowmobile, and never during the summer by boat.

## 5.2 Use of shrubs

According to 20 of the 27 participants, firewood was obtained not only from driftwood but also from dry shrubs such as willow (*Salix sp.* or *urpiq*), birch (*Betula sp.* or *avaalaqiaq*), or alder (*Alnus sp.* or *urpigaq*). Plants such as lichens and moss could also be used. Willow, birch, and alder were used for making fires during the fall because they were dry and would burn easily. Two participants (Nellie Nastapoka and Daniellie Inukpuk) from Inukjuak specified that willow was used more often during the fall because it burns longer. Conversely, during the summer, alder and birch were preferred for making fires because willow was too wet. Alder and birch were also desirable in the Kodiak Archipelago because they could burn hot and slowly (Shaw 2012: 73).

Twenty-five of the 27 elders informed us that dwarf birch was also used for making a sleeping mat called *alliaq* (which is bound with a rope) or *allipaluk* (which is unbound and placed under the *alliaq*): "On the mattress side in the winter time, we put all of the branches on the snow first. The second layer was branches that were fixed together very well, the third one was the grass, the fourth layer was the cloth, and the fifth layer was the caribou skin" (Nellie Nastapoka, Inukjuak). These mats were laid on the ground in tents, houses, or igloos (Figure 7).

In addition, 11 elders (one from Ivujivik, five from Akulivik, and five from Inukjuak) spoke of famines during which their ancestors had to eat shrubs such as dwarf willow or dwarf birch. They would usually eat the roots, sometimes also the leaves and branches, or even chew the leaves (*uqaujait*) of dwarf willows (*urpiit*) as a gum. This was not a standard part of their diet: "Before, for this kind (*urpiit*), we used to collect it because the outside layer is a bit soft and we could eat it when we were very hungry and the part under the ground was even better because it's softer [...]. There was a different species of plant that was good to eat here in the summer, but now for this one, we don't eat it anymore" (Simon Makimak, Akulivik).





Figure 7 : Daniellie Inukpuk showing a mattress (*alliaq*) made with branches from *avaalaqiaq*, i.e. Arctic dwarf birch (*Betula glandulosa*) (Inukjuak, 2011)

The long dwarf willow branches could also be used to make the roof of a *qarmaq* (sod house) or to construct a *pirujaq* (a seasonal food cache). Simon Makimak said that it was easier and more effective to use ropes rather than branches. According to Uniurtitak Ainalik from Ivujivik, dwarf birch was used to make drills and *qajaq* parts if there was no driftwood: "We took small branches to make a part of the *qajaq* or for the bed (*alliat*). Otherwise, we used them to make fire and to boil water. We also took the branches of *avaalaqiat* to make drills when we didn't have driftwood, but they were not as good" (Uniurtitak Ainalik, Ivujivik).

Some Ivujivik or Akulivik elders described using shrubs to dry sealskins, to stir the fire in a lamp (*qulliq*), or to make brooms. Shrubs could also be used to make a kind of fly swatter to kill mosquitoes (using smoke) or to make toys, like dolls or miniature boats. Other studies from Nunavik reveal that some trees and shrubs could be used as medicinal cures. For instance, the inner bark of willow (*Salix planifolia*) may serve as an analgesic and larch (*Larix laricina*) could heal mouth infections (Blondeau et al. 2004: 500, 524).

In Umiujaq, on the forest tundra, people primarily used trees or driftwood. Peter Audlaluk and Uniurtitak Ainalik from Ivujivik said that today, shrubs are sometimes used in the camps to help hold the tents down (i.e. by lengthening the ropes) or to teach young people.

## **6. INUIT KNOWLEDGE ABOUT DRIFTWOOD**

### ***6.1 Quality and quantity of driftwood***

Seventeen of the 27 participants (five in Ivujivik, two in Akulivik, seven in Inukjuak, and three in Umiujaq) said that more driftwood from trees and commercially processed wood (especially boards, old boxes, or boat parts) washes up on the beaches today than in the past. This is because people have largely stopped gathering driftwood. By contrast, three elders from northern villages (Mattiusi Iyaituk from Ivujivik, and Simon Makimak and Alasuak Alayco from Akulivik) observed that driftwood (from trees) was less common now because the current has changed. Finally, five of the participants admitted that they did not really pay attention to how the amount of driftwood on the beaches has fluctuated over time. Nevertheless, according to Willie Kumarluk and Joshua Sala from Umiujaq, driftwood availability and quantity has not changed noticeably.

With regard to driftwood quality on the beaches and the different species of origin, all of the participants from Ivujivik (six), two of the six elders from Akulivik, and one elder from Inukjuak noted that commercially processed wood is much more common on the beaches now. The cause is the increase in shipping in Hudson Bay (Stewart and Lockhard 2004: 36). Moreover, Sarah Iyaituk from Ivujivik states that she now sees larger pieces of natural wood than she did when young, while Alasuak Alayco and Minnie Amamatuak (from Akulivik) observed two different kinds of driftwood on the beaches: softwoods and hardwoods. With the exception of comments on commercially processed wood, almost all of the participants from Inukjuak and Umiujaq had seen no change in the quality or species of origin of driftwood that has washed up on the beaches in recent decades. This supports our own in situ observations about the recent composition and characteristics of driftwood accumulations on the west coast of Nunavik. We identified four coniferous taxa (*Picea sp.*, *Larix sp.*, *Abies sp.*, and *Thuja sp.*) and four deciduous taxa (*Salix sp.*, *Populus sp.*, *Alnus sp.*, and *Betula sp.*).



## **6.2 Best accumulation sites for driftwood**

The elders provided many different answers when asked where the best accumulation sites for driftwood could be found around Ivujivik (Figure 3). According to three of them, driftwood was usually found everywhere in the bays. Another indicated that natural and commercially processed wood could be found on the Nuvuk Islands and the Digges Islands off the north coast of the village of Ivujivik.

All of the interviewed elders from Akulivik (Figure 4) noted that the best accumulations of driftwood were north of Akulivik as well as north of Smith Island. Two of the six elders indicated that driftwood accumulated in the bays south of Smith Island. Two elders stated that very little driftwood washes up on beaches between Akulivik and Smith Island, perhaps because of the presence of strong currents with many vortices in this area. Furthermore, one participant (Alasuak Alayco) said that very little driftwood is present west of Smith Island because the current does not promote its arrival in this area.

In the region of Inukjuak (Figure 5), driftwood appears everywhere west of the islands in the open sea on Hudson Bay, especially on Drayton Island and on Frazer Island, which is off the south coast of the village. On the other hand, Simeonie Elijassiapik stated that large pieces of driftwood are rarely seen south of the village around the Kongut River, despite an abundance of small pieces from local plants (i.e. willow and birch stems and branches). According to our field observations, these small local pieces are released following permafrost degradation.

In the region of Umiujaq (Figure 6), elders indicated that a lot of driftwood is available west of the islands in the open water of Hudson Bay, while driftwood is scarce in Richmond Gulf and around the village. Willie Kumarluk said that one of the best accumulation sites for driftwood is on the south coast of Belanger Island.

## **6.3 Origins of the driftwood**

All the elders interviewed believed that driftwood found on the coasts originated south of Hudson Bay and James Bay. La Grande River and Kuujjuarapik were considered

to be possible sources (Figure 1). Such a southern source of driftwood is highly probable given the northbound direction of the currents along the east coast of Hudson Bay (Stewart and Lockhard 2004: 9; Straneo and Saucier 2008). Wood would thus be carried from the south to the north along the east coast of James Bay and Hudson Bay. For example: "Before, they came from Mailasikkut (Chisasibi, in James Bay) near Kuujjuarapik but now I think they come from La Grande because we cut some trees over there. In my opinion, they also could come from the south of Ungava Bay"(Lucassie Alayco, Akulivik). Other potential sources were proposed, such as the southwest region of Hudson Bay or the north end of Ungava Bay near Kuujjuaq.

The first location is possible because currents in the bay flow south along the west coast of Hudson Bay before heading back north along the east coast. The second hypothesis that driftwood comes from the Ungava Bay coast is more difficult to endorse because the current does not flow from there to the east coast of Hudson Bay (Figure 1). According to some elders, driftwood may also travel by river (especially in Richmond Gulf) or come from boats (especially the commercially processed driftwood found in Ivujivik).

#### ***6.4 Arrival time and gathering of driftwood***

In Alaska, driftwood begins to move along the Yukon and Kuskokwim rivers in the spring. Even though its arrival on the coasts depends on environmental conditions (e.g., floods, river banks, storms, prevailing currents and winds, sea-ice circulation, etc.) and is not predictable, it can still be regularly anticipated by inhabitants who continue to use it today, e.g., to heat steam baths (Alix 2005: 83; 2006: 11; Alix and Brewster 2004: 5). In Nunavik, by contrast, the timing of driftwood arrivals on the beaches is not generally anticipated by the Inuit inhabitants. Indeed, 14 of the 27 elders indicated that they never really paid much attention to the timing because driftwood always seemed to be on the beaches. This lack of interest may also reflect the fact that driftwood is not really used anymore. Fifteen of the elders think that the driftwood washes up on the beaches in late summer and especially in the fall because the wind, currents, and waves are strongest during that season. Moreover, Alasuak Alayco (Akulivik) and Willie Kumarluk (Umiujaq) also indicated that the arrival of wood is highly dependent on weather conditions, such as the wind. Finally, some of the elders

specified that commercially processed wood from boats arrives on the beaches during the summer between June and September (and even as late as November), this period being when the ice begins to thaw and shipping returns.

Driftwood tended to be gathered from the beaches at any time of year. The inhabitants of Ivujivik, the northernmost village, seemed to favour the summer, since there is no ice, less wind, and fewer waves. In that season, they could go anywhere on the coasts and islands by boat and *qajait* to gather the relatively small amount of driftwood available: "We picked them up mainly in the summer using all that we could find, but we picked them up during any season" (Sarah Iyaituk).

In the southern villages, where pieces of driftwood are larger, the best times were in the fall and the winter when dogsleds could be used. In general, seasonal harvesting of driftwood mainly depended on need, size of the wood pieces, and availability of specific forms of transportation (as determined by prevailing weather conditions). Typically, boats were used for small pieces of wood during the summer and dogsleds for larger pieces during the winter.

In the past, the nomadic Inuit gathered driftwood from the beaches wherever they travelled. In the vicinity of Ivujivik, Mansell Island (about 100 km west of the village), the Digges Islands and Nuvuk Island were all mentioned as good places where their ancestors would find large pieces of driftwood (Figure 1). It seems, however, that they never cut trees in the area to the south because it was too far away. Conversely, according to some elders, their ancestors would not have gone out to the islands for driftwood, instead preferring locations on mainland routes. In Akulivik, driftwood was gathered north of the village and south of Smith Island (Figure 4). In Inukjuak, driftwood was gathered all over the open water west of the islands in Hudson Bay, with some preference for the islands to the south, such as Drayton Island (Figure 5). Finally, in Umiujaq, three of the six participants indicated that their ancestors retrieved driftwood from the islands around the village, as well as from Richmond Gulf. They could pick these pieces up wherever they travelled (e.g., around camps west of the mainland or near the Nastapoka River), but large pieces were scarce in Richmond Gulf (Figure 6).

Similar to what has been recorded along the coasts of Alaska (e.g., Alix 2004: 110) and Greenland (e.g., Grønnow 1996: 83), large pieces of driftwood were highly sought by Nunavimmiut. Consequently, if someone found large pieces that could not be carried away by boat, or if there was not enough room on the dogsled, the finder had to show his ownership and return to retrieve it later. He could set a rock beside or above the wood, make a mark, engrave his name, or use a smaller piece of wood as a sign: "When there was bigger driftwood that I could take by myself, I put my name on it so that nobody would take it and to show that I would come back later. When there was a mark (upright stick or other mark), it meant it was taken, we didn't take it" (Adamie Niviakie, Inukjuak).

Other people did not make marks but instead grouped pieces of driftwood together, moved them a little further out into the tundra, or just left them in the same place to pick up later by dogsled. Some elders also noted that two men could together transport large pieces of wood by themselves before the use of dogsleds. In Umiujaq, almost all of the respondents said that their parents cut large pieces of driftwood into smaller ones in order to bring them back to the camp by boat or dogsled or by walking short distances. They were carried on one's back or on one's head with a rope or in a sealskin bag: "We cut them into small pieces with an axe and put them on our backs in a sealskin bag" (Annie Cookie).

Driftwood gathering and cutting of wood from trees occurred more often when people went on fishing and hunting expeditions by boat or dogsled. It was usually done by men who used the wood to build dwellings or to create objects. Some participants said that their families did not pick up any driftwood at all: "Yes, before, people went more to the west of the islands in the open area of Hudson Bay but my parents never picked up driftwood, only shrubs. Only those who worked with wood went there" (Daniellie Inukpuk, Inukjuak).

None of the participants go out specifically to gather driftwood anymore, but driftwood gathering is embedded in other activities, such as camping or hunting. People occasionally make fires with small pieces collected by hand, using a bag, by boat, or by ATV (All-Terrain Vehicle) in the summer and by snowmobile in the winter. Very large pieces are no longer gathered because of the availability of commercially processed wood.

### 6.5 Use of driftwood

Driftwood had a special place in the everyday lives of Inuit elders and their ancestors. Different things could be made from it. Large trees and commercially processed wood were used for vehicles such as kayaks (*qajaq*), open skin boats (*umiaq*) (Figure 8) and dogsleds, or as structural components of habitations. Ivujivik and Akulivik elders had been accustomed to use the same piece of driftwood to fix their tents because big pieces were rarely found near the northern villages on the grass tundra. Medium-sized wood was used for various hunting tools, crafts, toys, and art objects. These included harpoons (Figure 9), *paugusiq* to dry clothes (Figure 10), the handle of a woman's knife (*ulu*) (Figure 11), paddles (*pautiit*) (Figure 12), and spinning tops (*kaittaq*) (Figure 13). Smaller pieces were used as kindling to make fire with moss and lichen. Table 3 lists the objects made from driftwood, according to Inuit elders in the four villages. This list is not exhaustive and more objects can be found in early ethnographies of eastern Arctic Inuit (e.g., Turner 1894).



Figure 8 : Building of a boat by fathers of interviewed elders in Ivujivik, 1960. (Photo: Sarah and Mattiusi Iyaituk) (Ivujivik, 2011)

Table 3 : Examples of objects made from driftwood, as mentioned by Inuit elders and listed in early ethnographies of eastern Arctic Inuit

[illegible]





Figure 9 : Mattiusi Iyaituk with his father's harpoon (Ivujivik, 2011)



Figure 10 : Drying frame for fox skin (Akulivik, 2011)



Figure 11 : A wooden table used to remove blubber from sealskin (*atirag*) and, on its right, a woman's knife (*ulu*) (Akulivik, 2011)



Figure 12 : Josepie Nalukturuk making a paddle (Inukjuak, 2011)



Figure 13 : Left to right: a talisman (length: 10 cm) and two spinning tops presented by Aibillie Echalook (Inukjuak, 2011)

As the following quotation illustrates, driftwood was selected for specific uses that required different criteria:

When wood was good and large, it was used to make *qajait* and dogsleds. We could use the rest to make other objects. If the wood was too damaged, it was used for fire. My parents used driftwood, for example, to heat the bannock, make tea, and to remove the fat of seals. We already had spoons and bowls that came from stores. But for my grandparents, they also made them with driftwood (Nellie Nastapoka, Inukjuak).

Today, when Inuit work with wood, they rely on commercially processed wood brought from the south by plane or ship. Consequently, according to almost all the people interviewed, driftwood is not typically used anymore except during the hunting season: "Today, we only pick them up on the camps to make fire" (Qautsiaq Weetaluktuk, Inukjuak). In addition to camp fires, many of the participants noted that driftwood could be used as an emergency signal in the event of problems on the ground. Driftwood is also occasionally used to moor a boat or as tent posts (Figure 14). Nevertheless, some elders still use tools made from driftwood just as their ancestors did. For example, they may use an *atiraq* to remove blubber from a sealskin and to dry it (Figure 11) or they may use an *innivik* to dry the meat.



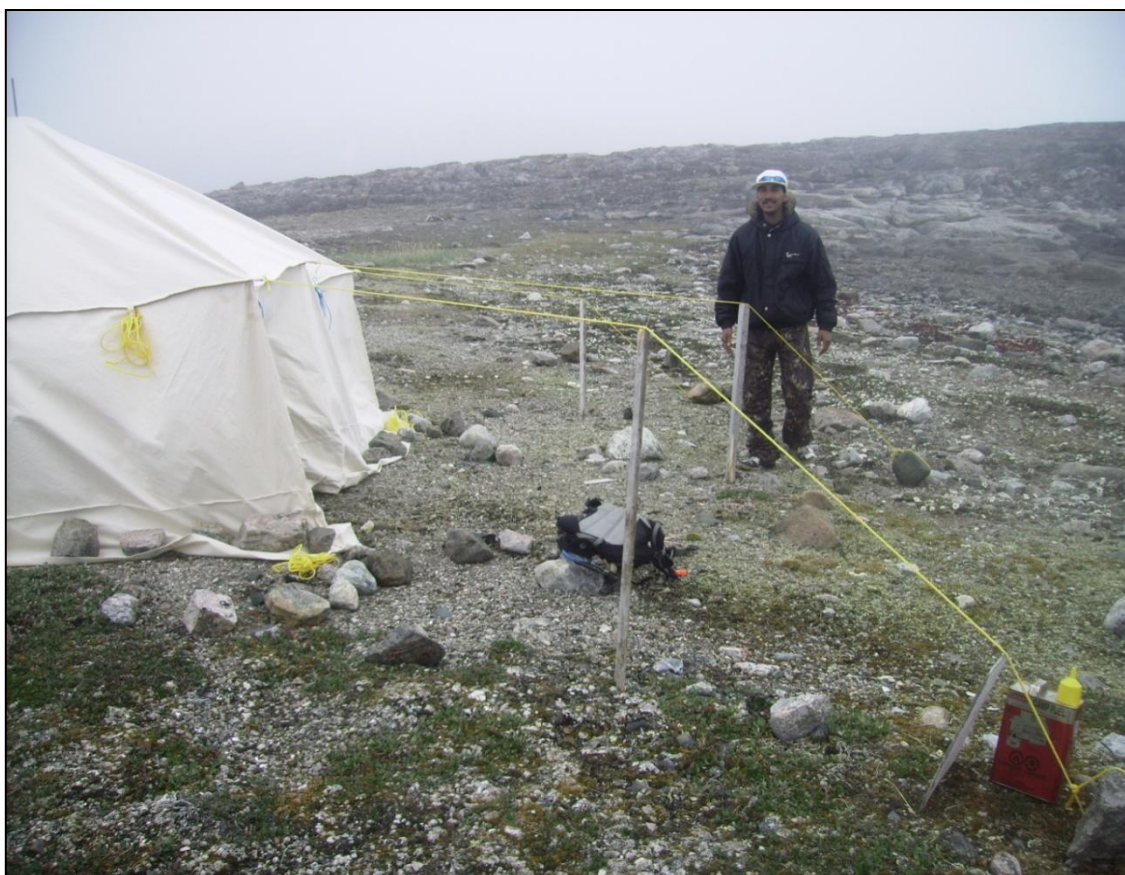


Figure 14 : Driftwood and commercially processed wood used to support a tent (Ivujivik, 2011)

## 7. CONCLUSION

This article documents traditional knowledge and perceptions about availability and exploitation of wood resources on the west coast of Nunavik based on interviews with 27 Inuit over 60 years of age from the villages of Ivujivik, Akulivik, Inukjuak, and Umiujaq. Qualitative analyses provided a partial Inuktitut list of terms for the different wood resources. Names for driftwood vary according to several shaped-related criteria and by speaker's village of origin. Knowledge about wood resources is more accurate and diverse in the villages further south, largely because southern Nunavik is covered by forest tundra. Trees and shrubs are numerous and diverse, so people have much choice in terms of both quantity and quality of wood. Further north, the tundra has only sparsely occurring dwarf shrubs, so the range of choice is extremely limited.

The best time for shrub wood gathering was during the fall, but driftwood could be picked up at any time. For each of the four villages, the participants noted specific sites with significant accumulations of driftwood. This high driftwood accumulation was associated with strong currents that could transport wood. According to the elders, the driftwood definitely comes from the south and ultimately from the west coast of James Bay and Hudson Bay. Driftwood and commercially processed wood are abundant on the beaches today because they are no longer gathered, except at summer camps to make fire. In the southernmost village of the forest tundra (Umiujaq), tree cutting was preferred to driftwood gathering, and shrubs were not used. The elders and their ancestors used large pieces of wood to build boats, *qajait*, and dogsleds, and the leftover portions to make hunting tools (e.g., harpoons and knives) and tools for women (e.g., *ulu* and lamps). Smaller or damaged driftwood and shrub wood served to make fires. Shrubs were also used to make mattresses and sleeping mats called *alliat*.

Our study illustrates the significant changes the Inuit have experienced over a very short span of time. Driftwood has almost entirely been replaced by commercially processed wood imported from the south. Consequently, knowledge about management of this resource is disappearing. We need to collect more knowledge from elders about driftwood in order to preserve what is still known, and similar interviews should be conducted with the people of Hudson Strait and Ungava Bay to produce a complete overview of wood use in Nunavik

## **8. ACKNOWLEDGMENTS**

This project was supported by grants from the Social Sciences Humanities and Research Council of Canada (SSHRC), which supported the *Time and Space among the Inuit of Nunavik* project of the 2008-2013 CURA program, and by the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC). Thanks are also extended to the translators (C. Taraik Mangiuk, M. Arnaituk, A. Papigatuk, B. Anautak, A. Qiivuaajuak, S. Eljassiapik, and L. Tooktoo), L. Marcoux for assistance in making the maps, the editor M. Nagy, and the reviewers for their help in improving this paper through their advice, comments, and corrections. We are also grateful to the Avataq Cultural Institute and the Centre d'études nordiques for their logistical support and to all of the participants and the communities of Ivujivik, Akulivik, Inukjuak, and Umiujaq for their invaluable collaboration.

## 9. REFERENCES

ALIX, Claire

- 2001 *Exploitation du bois par les populations néo-eskimo entre le nord de l'Alaska et le Haut Arctique canadien*, thèse de doctorat, University of de Paris-I - Panthéon Sorbonne, Paris.
- 2004 Bois flottés et archéologie de l'Arctique: contribution à la préhistoire récente du détroit de Béring, *Études/Inuit/Studies*, 28(1): 109-132.
- 2005 Deciphering the Impact of Change on the Driftwood Cycle: Contribution to the Study of Human Use of Wood in the Arctic, *Global and Planetary Change*, 47(2-4): 83-98.
- 2006 De la forêt à la côte – usage, folklore et écologie des bois flottés en Alaska, City, *Rapport d'Activité 2005, IPEV (Institut Polaire français Paul Émile Victor)*: 8-15.
- 2007 Ethnoarchéologie de la production des objets en bois dans l'Arctique nord-américain, in S. Beyries et V. Vaté (eds), *Les Civilisations du renne d'hier et d'aujourd'hui: Approches ethnohistoriques, archéologiques, anthropologiques, XXVI<sup>e</sup> Rencontres Internationales d'Antibes*, Antibes, Editions APDCA: 377-391.
- 2009 Persistence and Change in Thule Wood Use, in H. Maschner, O.K. Mason and R. McGhee (eds), *The Northern World, AD 900-1400*, Salt Lake City, The University of Utah Press: 179-205.

ALIX, Claire and Karen BREWSTER

- 2004 Not all driftwood is created equal: wood use and value along the Yukon and Kuskokwim rivers, Alaska, *Journal of Alaska Anthropology*, 2(1-2): 48-65.

ARIMA Eugene Y.

- 1964 Notes on the kayak and its equipment at Ivujivik, P.Q., in National Museum of Canada Bulletin (ed.), *Contribution to Anthropology 1961-62, Part II*, Ottawa, Department of the Secretary of State: 221-280.

ARIMA, Eugene Y., John D. HEATH, Guy MARY-ROUSSELIÈRE, Kenneth I. TAYLOR, William S. LAUGHLIN, Knut BERGSSLAND, John BRAND, Joseph LUBISHER, George DYSON and Gert NOOTER

- 1991 *Contributions to Kayak Studies*, Ottawa, Canadian Museum of Civilization, Canadian Ethnology Service, Mercury Series, 122.

ARNOLD, Charles D.

- 1994 The importance of wood in the Early Thule culture of the Western Arctic, in David Morrison et Jean-Luc Pilon (eds), *Threads of Arctic Prehistory: Papers in Honour of William E. Taylor, Jr*, Hull, Canadian Museum of Civilization: 269-279.

AVATAQ CULTURAL INSTITUTE

- 2008 *PY Archaeological Project, Inukjuak Fieldwork 2007*, Montreal, Avataq Cultural Institute, Report AR 255.
- 2009 *CURA Project, Archaeological survey of the Nuvuk islands and Surrounding Area, Ivujivik (Nunavik)*, Montreal, Avataq Cultural Institute, Report AR 276-1.
- 2010 *Reconnaissance archéologique dans les régions d'Umiujaq et de Salluit, été 2009*, Montreal, Avataq Cultural Institute, Report AR 272.
- 2012 *Avataq Inuttitut Database*, Westmount, Avataq Cultural Institute, Inuktitut Language Department.
- 2013 *Archaeological Work on Smith Island and field school at JeGn-2 site. Sivulitta Inuusirilaurtangit Atuutilaurtangillu, CURA Project, Summer 2011*, Westmount, Avataq Cultural Institute, Report AR 292.

BERKES, Fikret

- 2008 *Sacred Ecology*, New-York, Routledge.

BLONDEAU, Marcel, Claude ROY, Alain CUERRIER and AVATAQ CULTURAL INSTITUTE

- 2004 *Atlas of plants of the Nunavik*, Ste-Foy, Multimondes.

BRUEMMER, Fred

- 1976 *L'Arctique*, Montréal, Les Éditions Optimum Limitée.

CRESWELL, John W.

- 1994 *Research design: Qualitative and quantitative approaches*, Thousand Oaks, Sage.

DENZIN, Norman K. and Yvonna S. LINCOLN

- 2005 *The Sage Handbook of Qualitative Research*, 3rd ed., Thousand Oaks, Sage.

DYKE, Arthur S. and James M. SAVELLE

- 2000 Holocene Driftwood Incursion to Southwestern Victoria Island, Canadian Arctic Archipelago, and its Significance to Paleoceanography and Archaeology, *Quaternary Research*, 54(1): 113-120.

FIENUP-RIORDAN, Ann

- 2007 *Yuungnaqpiallerput The way we genuinely live - Masterworks of Yup'ik Science and survival*, Anchorage, Anchorage Museum Association.

FOREST PRODUCT LABORATORY

- 2010 *Wood Handbook: wood as an Engineering Material*, Madison, United State Department of Agriculture Forest Service.

GRØNNOW, Bjarne

- 1996 Driftwood and Saqqaq culture woodworking in West Greenland, in Birgitte Jacobsen, Claus Andreasen and Jette Rygaard (eds), *Cultural and Social Research in Greenland 95/96, Essays in Honour of Robert Petersen*, Illisimatusarfik/Atuakkiorfik: 73-89.

HEATH, John D. and Eugene ARIMA

- 2004 *Eastern Arctic Kayaks: History, Design, Technique*, Fairbanks, University of Alaska Press.

LAEYENDECKER, Dosia

- 1993 Wood and Charcoal Remains from Kodlunarn Island, in W.W. Fitzhugh and J.S. Olin (eds), *Archeology of the Frobisher Voyages*, Washington, Smithsonian Institution Press: 155-172.

LEMIEUX, Anne-Marie, Najat BHIRY and Pierre DESROSIERS

- 2011 The geoarchaeology and traditional knowledge of winter sod houses in eastern Hudson Bay, Canadian Low Arctic, *Geoarchaeology*, 26(4): 479-500.

LEMUS-LAUZON, Isabel, Najat BHIRY and James WOOLLETT

- 2012 Napâttuit: Wood use by Labrador Inuit and its impact on the forest landscape, *Études/Inuit/Studies*, 36(1): 113-137.

LEPOFSKY, Dana, Natasha LYONS and Madonna L. MOSS

- 2003 The Use of Driftwood on the North Pacific Coast: An Example from Southeast Alaska, *Journal of Ethnobiology*, 23(1): 125-141.

MARSHALL, Catherine and Gretchen B. ROSSMAN

- 1989 *Designing qualitative research*, Newbury Park, Sage Publications.

MISHLER, Elliot. G.

- 1986 *Research Interviewing: Context and Narrative*, Cambridge, Harvard University Press.

PAYETTE, Serge

- 1983 The forest tundra and present tree-lines of the northern Québec-Labrador Peninsula, in P. Morisset and S. Payette (eds), *Tree-Line Ecology. Proceedings of the Northern Québec Tree-Line Conference*, Sainte-Foy, Université Laval, Centre d'études nordiques, Nordicana, 47: 3-24.

PETERSEN, H.C.

- 1986 *Skinboats of Greenland, Ships and Boats in the North*, Roskilde, Viking Ship Museum, National Museum of Denmark, and Museum of Greenland.

PLUMET, Patrick

- 1974 L'archéologie et le relèvement glacio-isostatique de la région de Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec, *La Revue de Géographie de Montréal*, 28(4): 443-467.

QUMAQ, Taamusi

- 1991 *Inuit Uqausillaringit* (The Genuine Inuit Words), Sainte-Foy, Association Inuksiutiit Katimajit and Montréal, Avataq Cultural Institute.

SALADIN D'ANGLURE, Bernard

- 1967 *L'organisation sociale traditionnelle des esquimaux de Kangirsujuaaq* (Nouveau Québec), Québec, Université Laval.

SCHNEIDER, Lucien

- 1985 *Ulinaisigutiit, an Inuktitut-English Dictionary of Northern Quebec, Labrador and Eastern Arctic Dialects (with an English-Inuktitut Index)*, Québec, Presses de l'Université Laval.

SHAW, Deo Jennie

- 2012 Economies of driftwood: Fuel harvesting strategies in the Kodiak Archipelago, *Études/Inuit/Studies*, 36(1): 63-88.

SNAITH, Skip

- 1997 *Umiak: An Illustrated Guide*, Eastsound, Walrose and Hyde, Contemporary Skin Boat Building, 1.

STEVENSON, Marc G.

- 2010 *L'éthique et la recherche en collaboration avec les communautés autochtones*, Edmonton, Sustainable Forest Management Network of Centres of Excellence.

STEWART, Bruce D. and W. Lyle LOCKHART

- 2004 *Summary of the Hudson Bay Marine Ecosystem Overview*, report, Winnipeg, Canada Department of Fisheries and Oceans.

STRANEO, Fiammetta and J. François SAUCIER

2008 The Arctic-Subarctic Exchange Through Hudson Strait, in Robert R. Dickson Jens Meincke and Peter Rhines (eds), *Arctic-Subarctic Oceans Fluxes. Defining the Role of the Northern Seas in Climate*, Dordrecht, Springer Science: 249-261.

TURNER, Lucien M.

1894 *Ethnology of the Ungava District, Hudson Bay Territory*, Washington, Smithsonian Institution, Annual Report of the Bureau of American Ethnology, 11: 159-350.

VICTOR, Paul-Emile and Joëlle ROBERT-LAMBLIN

1989 *La civilisation du phoque: jeux, gestes et techniques des eskimo d'Ammassalik*, Paris, Armand Colin, 8.

ZIMMERLY, David W.

2000 *Kayaks of Alaska and Siberia*, Alaska, University of Alaska Press.

## CHAPITRE 4

### **Chemical differentiation between immersed, dry and archaeological wood in Nunavik (Northern Quebec, Canada): Preliminary results**

Steelandt, Stéphanie<sup>1,2</sup>; Pierson-Wickmann, Anne-Catherine<sup>3</sup>; Bhiry, Najat<sup>1</sup>; Marguerie, Dominique<sup>2</sup>; Bouhnik-Le Coz, Martine<sup>3</sup>

<sup>1</sup> : Département de géographie and Centre d'études nordiques,  
Université Laval, Pavillon Abitibi-Price  
2405, rue de la Terrasse,  
Québec (Québec) G1V0A9

<sup>2</sup> : Laboratoire Archéosciences,  
UMR 6566 CReAAH, Université de Rennes 1,  
Campus de Beaulieu  
35042 Rennes cedex, France

<sup>3</sup> : Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes, CNRS, UMR 6118, Géosciences  
Rennes, Université de Rennes 1, Campus Beaulieu, 35042 Rennes cedex, France



## RÉSUMÉ

L'objectif principal de cette étude était de différencier un bois immergé d'un bois non immergé sur la base d'analyses chimiques afin de déterminer si des bois trouvés dans le site Qijurittug sur l'île Drayton (Inukjuak, Nunavik) correspondaient à des bois flottés prélevés sur les plages ou des bois qui ont été coupés dans la toundra forestière. Les résultats de nos recherches sur des conifères et feuillus secs et immergés montrent que les concentrations en Na dans les bois immergés sont beaucoup plus élevées que dans les bois secs. Les bois immergés présentent également un léger enrichissement en B et Mg. Les variations des concentrations des cations sont également plus évidentes chez les feuillus probablement en raison de leur anatomie plus poreuse qui facilite les échanges chimiques entre l'eau et le bois. Des analyses en composantes principales (ACP), basées sur les concentrations chimiques des éléments normalisées à la somme totale des cations, démontrent que les bois immergés et les bois secs se répartissent selon deux groupes distincts. Deux échantillons de bois archéologiques ont également été analysés et avaient des concentrations plus élevées de Al et Ca, par rapport aux bois secs et immergés, probablement dus à des échanges de cations dans les sols. Les concentrations de Na dans ces fragments de bois étaient plus élevées que dans les bois secs mais plus faibles que dans les bois immergés. Par conséquent, si ces bois archéologiques étaient des bois flottés, les concentrations en Na dans ces bois pourraient provenir d'une absorption dans l'eau de mer suivie d'un lessivage dans le sol. Inversement, si ces bois ont originellement été coupés sur pied, leurs concentrations en Na pourraient être issues du sel dans le sol. Dans les ACP, les deux échantillons de bois archéologiques sont plus proches des bois secs que flottés. Des analyses géochimiques supplémentaires sur les concentrations d'éléments dans les sols archéologiques et l'analyse des anions tels que Cl par chromatographie ionique seront nécessaires afin de différencier un bois sec coupé d'un bois immergé dans le site Qijurittug.

## ABSTRACT

The primary aim of this study was to differentiate immersed from dry cut wood based on chemical analysis in order to discern whether wood found in the Qijurittug archaeological site in Drayton Island (Inukjuak, Nunavik) is driftwood which had been collected from the beaches or wood which had been cut from the forest tundra. The results of our research on dry and immersed conifer and hardwood show that Na concentrations in immersed wood are much higher than in dry wood. Immersed wood also has a slight B and Mg enrichment. Variations in the concentration of cations are also more evident in hardwood due to its higher porous anatomy that facilitates chemical exchanges between water and wood. Principal components analyses (PCA), based on the element concentrations normalized to the total cation concentrations demonstrate that the immersed and dry woods cluster into two separate groups. Two archaeological wood samples were also analyzed and had higher concentrations of Al and Ca, when compared to the dry and immersed wood, which is a result of cation exchange from soils. Na concentrations in each wood fragments were higher than in the dry woods but lower than in the immersed woods. Therefore, if these archaeological woods were driftwood, Na concentrations in each wood may come from the absorption in the sea water and from a partial leaching away in the soil. Conversely, if these woods were originally dry cut, then the Na concentrations would have come from salt deposits in the soil. In the PCA, the two archaeological wood samples cluster closer to the dry wood than to the driftwood. Additional geochemical analyses of the elemental concentrations in the archaeological soils and analysis of anions such as Cl by ion chromatography are required to distinguish between dry cut or immersed wood at the Qijurittug site.

## 1. INTRODUCTION

Numerous wood resources are found in Arctic archaeological sites indicating the importance place of wood in the daily lives of Palaeoeskimo and Neoeskimo. Indeed, it was used to build boats, kayaks, sleds, houses, hunting tools and to make fire. However, this treeless tundra, wood material was a rare commodity that largely depended on the availability of driftwood on the beaches (e.g. Alix, 2004, 2005 Arnold, 1994, Gronnøw, 1996, Laeyendecker, 1993a, b).

The excavation in 2007 of a semi-subterranean dwelling in the Qijurittug archaeological site (IbGk-3) in the treeless tundra on Drayton Island near Inukjuak (northern Quebec, Canada) recovered numerous archaeological wood specimens (Avataq Cultural Institute, 2008) (Figure 1 and 2). This wood was used for the structural elements of Thule/Inuit houses and consisted mainly of spruce (*Picea sp.*) and larch (*Larix sp.*). Some charcoal and wood fragments of deciduous species such as willow (*Salix sp.*), aspen (*Populus sp.*) and alder (*Alnus sp.*) were also found. Radiocarbon dating on seven large archaeological larch and spruce samples ranged from 650 to 170 yr cal. BP (Desrosiers *et al.*, 2010; Lemieux *et al.*, 2011; Steelandt, personal communication, 2014). This variability in radiocarbon dates suggests that the archaeological woods used to build the houses were probably driftwood pieces, because this range of dates would be unlikely if the ancestors of the Inuit had cut the wood at the same place (Lemieux *et al.*, 2011). This inference is supported by the presence of many large driftwood pieces of spruce and larch on beaches in the area at the present time. However, some of the elders of the villages reported that their ancestors, parents or themselves would occasionally cut large trees (spruce and larch) in the forest tundra when they travelled on dog sleds during the winter to Kuujjuaraapik, which is located about 150 km south of Umiujaq (Figure 1), for weddings, church, trade or meetings (Steelandt *et al.*, 2013).

Given the differing and conflicting scenarios suggested the elders of Inukjuak, the archaeologists or the paleo-environmentalists who visited the IbGk-3 site, we still have not resolved the central question: did the archaeological wood come from driftwood collected near the village or from trees cut at the edge of the boreal forest about one hundred kilometers south of the site (Figure 1)?

Different methods have been used in order to distinguish driftwood that underwent river and sea transport from wood cut in a forest. For example, the presence of marine fungi may attest to floating in marine waters (Abdel-Wahab and Jones, 2000 ; Strongman and Rand, 1991). Entomological studies revealed the presence of marine encrusters and borers in floating driftwood such as isopods *Limnoria lignorum* (Hill and Kofoed, 1927; Noda, 1981), or marine mollusks that specialize in wood boring such as *Teredo navalis* (Eriksen *et al.*, 2014, Paalvast and van der Velde, 2011), or *Teredo bartschi* (Cragg, *et al.*, 2009). However, because this morphological criterion is only found in a fraction of driftwood samples, their absence does not mean that the wood did not float.

Other studies have attempted to detect changes in the physical and mechanical properties of immersed wood. Notably, some anatomical and physical changes were found in the outer part of the sapwood in response to bacterial action after a long immersion in water (Clausen, 2010). In contrast, no differences in compressive strength, flexural strength and modulus of rupture were noted in fir (*Abies* sp) and spruce (*Picea* sp) (Bues, 1986) and in pine (*Pinus taeda*) (Syme and Saucier, 1995). Alix (2001) found no significant difference in density between driftwood from spruce in Victoria Island and from non-floated spruce around Yellowknife. She also noted that seawater does not seem to have a high enough concentration of salt to change the physical properties of the wood.

In addition, some chemical experiments were conducted to distinguish driftwood from cut green wood and archaeological wood, as well as to identify specific degradations in driftwood or waterlogged wood. Molecular analysis focusing on the amount of polysaccharides were also used to highlight potential alterations in archaeological objects after prolonged periods in aqueous environments or following attack by wood-degrading bacteria and fungi (Łucejko *et al.*, 2012). Fengel and Wegener (1988) demonstrated that the rate of lignin and secondary compounds slightly decrease in the trunks of fir (*Abies* sp.) and spruce (*Picea* sp.) that were immersed in fresh water for over 17 years, while the rate of cellulose and hemicellulose remain the same.

Very few studies have focused on variations in chemical composition between green cut wood, driftwood and archaeological wood. Of note, a study focused on the various chemical exchanges (i.e. absorption or leaching) was conducted by Alix and Stimmell

(1996) to compare the relative changes in the concentration of elements between driftwood, deadwood, green wood and archaeological wood using neutron activation analysis. They examined four driftwood specimens from Victoria Island, seven deadwood specimens and four green wood specimens from Yellowknife, and two archaeological wood specimens from Sraeling Island (Bache Peninsula, High-Arctic). All were coniferous, either spruce (*Picea sp.*) or larch (*Larix sp.*). Their results revealed that driftwood was enriched with sodium (Na) and chloride (Cl), which are the main chemical elements in seawater, as well as an enrichment in uranium (U), bromide (Br), aluminum (Al), iodine (I) and titanium (Ti) as compared to the deadwood and/or green wood. The two archaeological wood samples were 3 to 6 times more enriched in titanium (Ti), 2 to 6 times more enriched in calcium (Ca), and more enriched in uranium (U), copper (Cu), manganese (Mn), and sodium (Na) than deadwood and green wood and did not show an intake of chloride (Cl). However, these concentration variations of elements were not systematic and reflect the complexity of chemical exchanges between wood and their environmental surroundings.

This paper presents a new *in situ* experiment conducted in Nunavik (Arctic Canada) to reveal the potential influence of seawater chemistry on immersed hardwood and conifers. The aim of this paper is to assess and compare how seawater may influence concentrations of multiple chemical elements in driftwood and to identify if there is a specific chemical signature of seawater in archaeological wood.

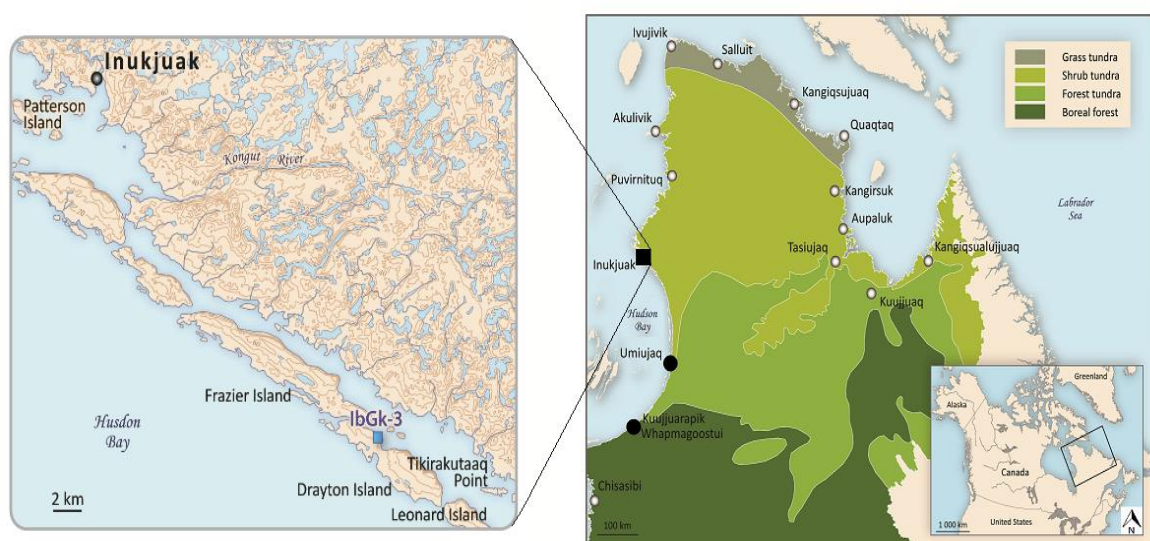


Figure 1 : Location of IbGk-3 archaeological site on Drayton Island in Inukjuak (black square and map on the left) and location of sampling of woods and field experience in Umiujaq and Kuujjuarapik (black dots) (Nunavik)



Figure 2 : Wood structure of a semi-subterranean dwelling in the IbGk-3 archaeological site on Drayton Island (Desrosiers, 2008)

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1 Field experience and sampling

During 2008, 2010 and 2011, 8 taxa of driftwood were found of the beaches in the east coast of Nunavik. Hardwood species included willow (*Salix sp.*), alder (*Alnus sp.*), poplar (*Populus sp.*) and birch (*Betula sp.*). Conifers included spruce (*Picea sp.*), larch (*Larix sp.*), white cedar (*Thuja sp.*) and fir (*Abies sp.*). On average, hardwood pieces were aged  $22.93 \pm 2.43$  years with an average diameter of  $3.79 \pm 1.66$  cm, while conifers were older  $62.85 \pm 7.19$  years with an average diameter of  $7.11 \pm 0.7$  cm.

For this preliminary study, two wood samples between 20 and 30 cm in length were collected from green shrubs of willow (*Salix sp.*) and alder (*Alnus sp.*) around Umiujaq and from green trees of larch (*Larix sp.*) and spruce (*Picea sp.*) around Kuujjuarapik-Whapmagoostui (Figure 1). The two willow samples were 10 and 6 years of age with a diameter of 8.4 and 7 mm respectively and the two alder samples were 11 and 7 years of age with a diameter of 8.6 and 5 mm respectively. The two spruce samples were 20 and 30 years of age with a diameter of 5 and 4 mm respectively while the two larch samples were 15 and 11 years of age with a diameter of 4 and 4.5 mm respectively.

Each green wood sample was cut into two parts. One part was kept dry in an airtight bag in order to avoid seawater contamination, while the other was immersed in Hudson Bay for a week (Figures 1 and 3).

In addition to green samples, one archaeological sample of *Picea sp.* and one archaeological sample of *Salix sp.* from the IbGk-3 site on Drayton Island (Inukjuak) were also analyzed.

## **2.2 Analytical procedures**

In the laboratory, approximately 0.5 g was scraped with a ceramic knife from the last 3 rings of the hardwood samples, the last 7 rings of the conifers and the entire archaeological wood samples for acid digestion. The wood samples were devoid of their bark, cleaned for 5 minutes in de-ionized water and then dried at 50°C. Finally, the samples were ground in an agate mortar with a few drops of liquid nitrogen.

All of the wood samples were chemically digested in a cleanroom in order to remove all traces of organic matter. Approximately 0.15 g of wood powder was mixed with 6 mL of concentrated HNO<sub>3</sub> in a Savillex® digestion vessel. The vessel was then closed and heated on a hot plate (80°C) for 48 hours. Afterwards, the solution was evaporated. This step was repeated a second time with 4 mL of concentrated HNO<sub>3</sub>. Then, 20 drops of hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) were added to the samples in order to ensure the total oxidation of organic matter. The closed beakers were heated on a hot plate at 80°C for 24 h and the solution was evaporated. The samples were then dissolved in 0.37N HNO<sub>3</sub> and analyzed using an Agilent Technologies TM HP4500 ICP-MS instrument at Rennes University for major and trace elements. Indium (In) was used as an internal standard. This technique only detects the concentrations of cations, since the solutions are too concentrated for the analysis of anions. The international geostandards SLRS-4 (riverine water reference) and SRM1573a (Tomato leaves reference) were used to check the validity and reproducibility of the analyses. Typical rates of uncertainty (including all error sources) are <5% for all trace elements, whereas for major anions the uncertainty lies between 2 and 5%, depending on the concentration levels.

### **2.3 Statistical analysis**

In order to test the hypothesis that a prolonged immersion in seawater may change the chemical composition of driftwood, a Principal Components Analysis (PCA) was performed on the chemical data from the wood samples. PCA is useful for revealing correlation patterns in complex databases (Derrien *et al.*, 2012). The 14 ICP-MS element concentrations (variables) of 18 wood samples (individuals) were analyzed using multivariate analysis (PCA). The PCA was based on a correlation matrix, whereby the dataset was standardized and normalized. The PCA and relative statistical tests were performed with XLSTAT (Addinsoft, 7.5), using nonparametric tests for small samples of unknown distribution (Mann-Whitney).

## **3. RESULTS**

### **3.1 Major and trace element concentrations in dry and immersed wood**

Any absorption or leaching of some or all of the elements from the seawater implies a change in concentration of some or all of the elements in the wood. Given that the dry and immersed samples came from the same original sample, we were able to directly observe the influence of seawater on wood chemistry.

As shown in Figure 3 and Table 1, the elemental concentrations vary strongly depending on the cations and the wood species. In general, dry cut wood has low Na concentrations, less than 65 ppm and  $46.34 \pm 15.58$  ppm on average for the coniferous samples and less than 249 ppm and  $124.9 \pm 85.3$  ppm on average for the hardwood samples. The corresponding immersed woods have Na concentrations from 23 to 103 times more concentrated than in the dry woods, with an average of  $1622 \pm 782$  ppm for coniferous samples and  $4165 \pm 1662$  ppm for deciduous samples. This Na enrichment in the immersed woods is also accompanied by a slight enrichment in B and in Mg in almost both conifers and hardwoods. The mean concentrations of B are  $3.58 \pm 0.52$  ppm and  $2.49 \pm 0.52$  ppm in immersed and dry conifers respectively, while those in immersed and dry hardwoods are  $15.36 \pm 4.92$  ppm and  $6.33 \pm 1.70$  ppm respectively. Mean values of Mg are  $264.69 \pm 71.47$  ppm and  $361.91 \pm 138.05$  ppm in dry and immersed conifers respectively and from  $604.71 \pm 263.71$  ppm to  $1296.09 \pm 636.04$  ppm in dry and immersed hardwoods respectively. Conversely, K is slightly depleted in all



hardwoods after immersion in seawater, with mean values ranging from 1250.14±446.27 ppm to 960.49±209.72 ppm in dry and immersed hardwoods respectively. In both dry and immersed woods, Na, Mg, K and Ca are the major elements which present larger concentrations in hardwoods than in conifers. Na is 2 to 5 times more concentrated than the three other elements.

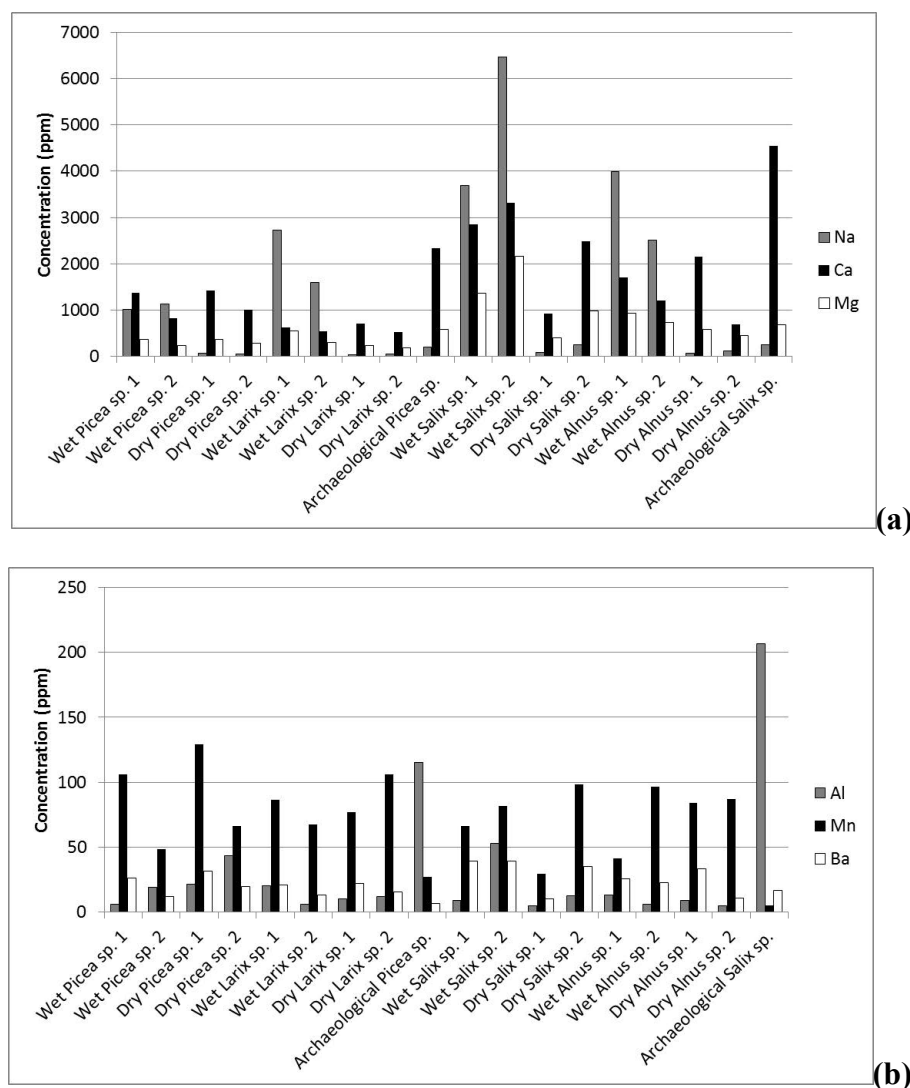


Figure 3 : (a) Concentrations of Na, Ca and Mg, and (b) concentrations of Al, Mn and Ba in all analyzed samples

Terrigenous elements such as Al and Si are relatively concentrated in both hardwoods and conifers. The respective Si mean concentrations in dry and immersed conifers are  $64.22 \pm 25.33$  ppm and  $51.78 \pm 6.45$  ppm, while in dry and immersed hardwoods they increase to  $64.94 \pm 22.18$  ppm and  $76.08 \pm 35.45$  ppm, respectively. Aluminum presents a 3 to 4 times lower concentrations than Si in both hardwoods and conifers. Concentrations of this element increase in immersed hardwoods, with mean values from  $7.74 \pm 3.77$  ppm to  $20.04 \pm 21.89$  ppm for dry and immersed hardwoods, respectively.

Table 1: Element concentrations (ppm or µg/g of wood) in dry, immersed and archaeological woods

Sample	Na	Ca	Mg	K	Al	Si	V	Mn	Fe	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb
CONIFERS														
Wet <i>Picea sp.</i> 1	1020	1367	362	612	6.1	54.0	0.013	106.3	7.3	1.9	41.0	8.2	26.1	0.154
Dry <i>Picea sp.</i> 1	65	1427	358	811	21.6	51.3	0.035	129.3	19.6	1.5	38.4	9.1	31.3	0.150
Wet <i>Picea sp.</i> 2	1138	827	233	551	18.8	46.5	0.020	48.3	9.6	2.1	22.3	5.9	12.1	0.069
Dry <i>Picea sp.</i> 2	48	1006	275	979	43.5	102.2	0.107	66.1	55.7	2.1	24.3	6.4	19.7	0.157
Wet <i>Larix sp.</i> 1	2735	625	553	625	20.0	59.9	0.009	86.4	6.0	1.0	19.1	10.3	20.6	0.082
Dry <i>Larix sp.</i> 1	26	713	237	390	10.1	52.7	0.012	77.0	8.4	1.3	11.5	8.0	21.7	0.090
Wet <i>Larix sp.</i> 2	1597	540	299	695	5.8	46.7	0.007	67.6	10.4	1.0	18.1	7.7	13.2	0.442
Dry <i>Larix sp.</i> 2	47	524	189	459	11.9	50.7	0.010	105.8	5.4	1.1	8.3	7.5	15.4	0.072
Archaeological <i>Picea sp.</i>	200	2332	585	559	115.2	143.5	1.850	26.7	182.2	1.5	14.3	14.0	6.7	0.394
HARDWOODS														
Wet <i>Salix sp.</i> 1	3686	2851	1362	1018	8.6	83.9	0.037	66.0	16.6	9.3	147.1	28.6	39.1	0.402
Dry <i>Salix sp.</i> 1	84	917	401	1071	4.6	94.7	0.011	29.4	7.4	7.5	44.9	7.4	10.3	0.098
Wet <i>Salix sp.</i> 2	6471	3313	2164	1130	52.6	123.0	0.140	81.5	66.8	11.9	110.8	34.5	39.0	0.359
Dry <i>Salix sp.</i> 2	249	2486	984	1821	12.7	64.3	0.016	98.3	37.5	7.5	86.0	19.7	35.2	0.103
Wet <i>Alnus sp.</i> 1	3990	1709	929	656	13.2	50.5	0.071	41.4	26.9	3.5	102.1	18.0	25.5	0.550
Dry <i>Alnus sp.</i> 1	58	2146	579	769	8.6	41.3	0.029	83.8	46.9	3.7	109.9	14.8	33.1	0.361
Wet <i>Alnus sp.</i> 2	2517	1204	729	1038	5.8	46.9	0.020	96.4	9.1	3.5	145.2	11.4	22.5	0.318
Dry <i>Alnus sp.</i> 2	109	681	455	1339	5.0	59.4	0.012	87.1	37.9	3.1	71.0	4.7	10.6	0.382
Archaeological <i>Salix sp.</i>	254	4545	683	250	206.7	50.7	0.745	5.0	763.7	2.0	19.3	31.7	16.4	0.616

Concentrations of some trace metals such as Mn, Zn, Fe and Cu is relatively high in both hardwoods and conifers. Hardwoods have greater concentrations of Zn, Fe and Cu than conifers. However, no common increase or decrease of concentrations for these elements has been observed that could be used to differentiate immersed wood from dry wood. Strontium (Sr) and barium (Ba) are also relatively concentrated in all of the wood samples; however, hardwoods still present larger concentrations than conifers by an average factor of 2. Strontium also increases in all immersed hardwoods with values from  $11.67 \pm 6.85$  ppm to  $23.12 \pm 10.39$  ppm for dry and immersed hardwoods respectively. Lead (Pb) is the only heavy metal with concentrations averaging 0.2-0.4 ppm. Other elements such as U, Th, Ga, Rb, Ni and other rare earth elements (REE) were present but in very low concentrations and will not be discussed in this paper.

### **3.2 Major and trace element concentrations in two archaeological wood samples**

The archaeological wood samples had a chemical pattern that is different from the contemporary green dry or immersed wood samples (Table 1). In fact, the *Picea sp.* archaeological sample has much greater concentrations of Al, Ca, B, Mg, Si, V, Cr, Fe, Sr and Pb (by a factor of 2 to 5) and lower concentrations of Mn, Zn and Ba than both current dry and wet spruce samples. For the *Salix sp.* archaeological sample, concentrations of Al, Ca, V, Cr, Fe and Pb are relatively more enriched while the concentrations of K, Si, Mn, Cu and Zn are in lower ranges than both current dry and wet willow samples.

Commonly, Al, Ca, V, Cr, Fe and Pb are present in higher concentrations in the archaeological woods as compared to the dry and immersed woods. For example, Al concentrations are 115 ppm for the archaeological spruce and 206 ppm for the archaeological willow (i.e. values 2 to 25 times higher than in the dry and immersed spruces and willows). Similarly, Ca concentrations reach 2332 ppm and 4544 ppm in the archaeological spruce and willow respectively, which is approximately 2 to 5 times greater than in the dry and immersed spruces and willows.

In contrast, Mn and Zn are present in lower concentrations in both of the archaeological wood samples as compared to the immersed and dry woods. Indeed, Mn concentrations reach 26.7 ppm and 5 ppm in both the archaeological spruce and willow, which

represents a 2 to 20 times lower concentrations relative to the current immersed and dry spruces and willows. Similarly, Zn concentrations in the archaeological wood samples are lower than those in the immersed and dry spruces and willows, with values of 14.3 ppm in the archaeological spruce and 19.3 ppm in the archaeological willow.

The two archaeological wood samples also appear to have a higher concentration of Na than the dry wood samples, but a much lower than the immersed wood samples, with values of 200 ppm for the archaeological spruce and 254 ppm for the archaeological willow.

### **3.3 Multivariate data analysis**

Since concentrations of each element differed significantly from one wood sample the other or between species, the dataset had to be reworked. The concentration of 14 elements was normalized to the total sum of cation concentrations in each sample. Taking into account the 16 contemporary wet and dry samples, a first PCA was performed and revealed significant moderate low-dimensional structures. The first principal component (PC1) explained 38% of the total variance while the second PC2 explained 26% and the PC3 13%. Taken together, the first three PC explained 77% of the total variance in the dataset (Figure 4). This model is considered to be well-suited for studying the correlations between the key variables of interest. Higher principal components did not reflect any clearly distinguishable effects and so are not discussed further. The Na concentrations, normalized to the total cation load, significantly influence the position in the graph of the immersed and dry samples. The dry conifers are more linked to V-Ba and Al-Si-Mn-Fe, which are elements enriched in acid soils, while the dry hardwoods are more linked to Zn-Cu-Mg and B (Figure 4). The results of this PCA showed a redundancy between two variables (calcium (Ca) and strontium (Sr)) and a low contribution (<5%) of three variables (Mg, Cu and B) to the F1 axis. Moreover, Na/cations had a high correlation factor and so have been removed from the PCA. Thus, a second PCA was run taking into account only 8 element concentrations which were normalized to the total cation concentration (Figure 5). This new PCA, did not show any significant changes relative to the previous PCA model. In this model, the first PC (PC1) explained 44% and the PC2 explained 24% of the total variance in the dataset. The individual distribution on PC1 and PC2 show a clear separation of

immersed woods (on the left side) and the dry woods (on the right side). In addition, for both the dry and immersed woods, hardwoods and conifers are clustered in the lower side and upper side respectively (Figure 5). The main contributing variables on the F1 axis (Table 2), in decreasing order of importance, are Ba (20.8%), Si (20.6%), Mn (19.9%) and Al (10.8%), whereas Zn (36.9%) and Mg (33.8%) are the main contributing variables on the F2 axis (Table 2 ; Figure 4). In addition, the two archaeological samples were added to the PCA as supplementary individuals (Figure 5). These archaeological woods seem a little distant from others woods but closer from the values of dry woods than immersed woods.

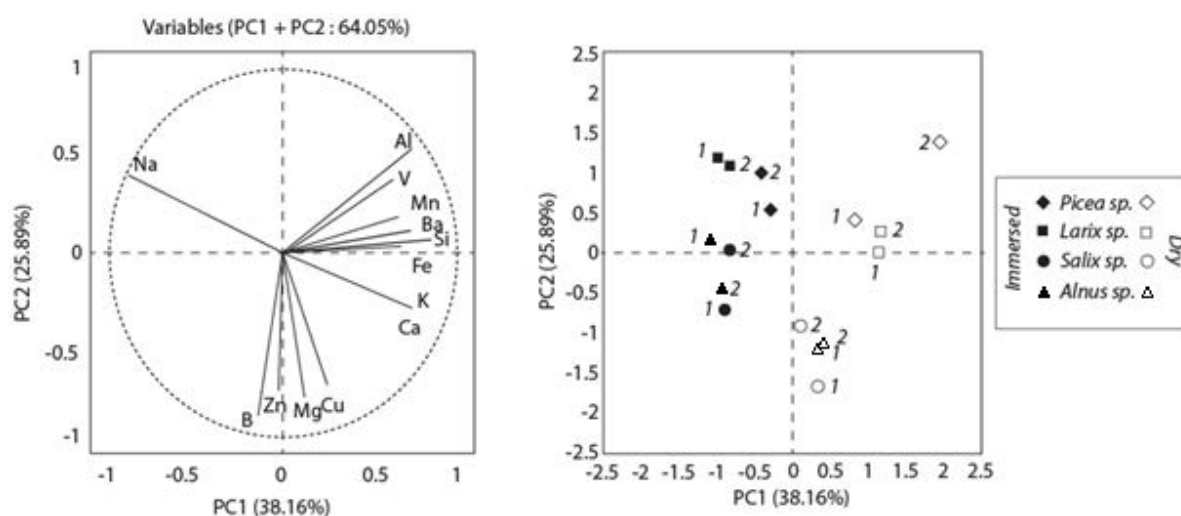


Figure 4 : Scores of PCA from concentrations of dry, immersed and archaeological woods taking into account 14 element concentrations normalized to the total cation concentrations. F1 and F2: principal components 1 and 2.

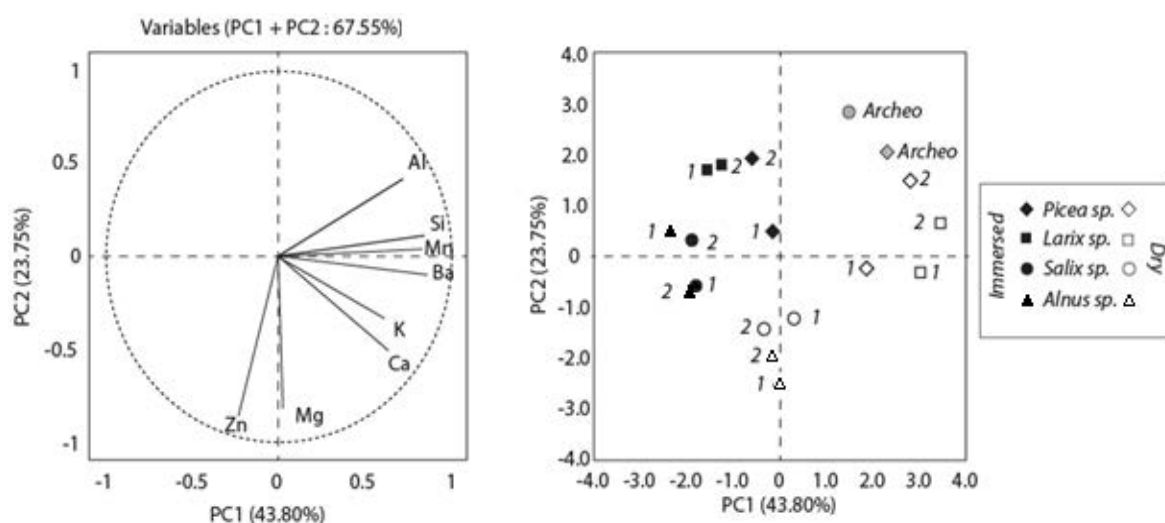


Figure 5 : Second PCA model based on 8 element concentrations normalized to the total cation concentrations. The two archaeological samples are also shown as supplementary samples

Table 2: Factorial Coordinates of Variables and Relative Contributions (%) of Variables to Principal Components 1 (F1) and 2 (F2)

	Factorial coordinates of variables		contributions of variables (%)	
	F1	F2	F1	F2
Ca	0.63	-0.49	11.5	12.6
Mg	0.03	-0.80	0.0	33.8
K	0.61	-0.33	10.8	5.8
Al	0.72	0.43	14.9	9.9
Si	0.85	0.09	20.6	0.5
Mn	0.83	0.04	19.9	0.1
Zn	-0.23	-0.84	1.5	36.9
Ba	0.85	-0.10	20.8	0.5

## 4. DISCUSSION

### 4.1 Seawater effect on the wood chemistry

Several studies have sought to analyze the organic components of wood (Filley Timothy, 2003), as well as its decomposition over time (Waksman and Stevens, 1929). However, very few studies have focused on the inorganic chemical composition of wood samples that have or have not been in contact with river or seawater, and only one of Alix and Stimmell (1996) have tried to distinguish dry cut wood from driftwood. Thus, we used this particular study of wood in western Canada as a comparator in the discussion of our results.

Driftwood transported by river and seawater may absorb some elements directly from seawater, but some elements may also be leached from the wood into seawater. Accordingly, some major and trace elements may be exchanged or may change the chemical composition of the wood. Given that dry wood, wet wood and archaeological wood samples were analyzed by ICP-MS, our discussion will focus on cation concentrations and their changes. Seawater is mainly composed of Na and Cl, so it is reasonable to expect that these two elements would likely be incorporated into driftwood.

As was the case in Alix and Stimmel (1996), our immersed woods had a same strong enrichment of Na compared to dry woods. However, the Na concentration levels in our immersed conifers are 2 to 7 times lower than in the driftwood analyzed by Alix and Stimmel (1996) which may be largely explained by the lower salinity of Hudson Bay water (Obbard et al., 2009), in contrast to the Arctic Ocean surrounding Victoria Island.

In fact, Hudson Bay has a lower average salinity than ocean water because of its low rate of evaporation, the large volume of freshwater entering the bay and the limited circulation of this brackish water with the Atlantic Ocean (Howarth and Mohan, 2013). As well, our lower values of Na can also be explained by the short immersion period of our woods (one week experiment) compared with the driftwood spruces of Victoria Island that probably originate from boreal forests in North America and may travel several weeks, months or years (Dyke *et al.*, 1997 ; Dyke and Savelle, 2000). A longer immersion time in the water promotes the physico-chemical or biological weathering of dead wood (Bilby and Ward, 1989 ; Bilby and Ward, 1991 ; Vannote *et al.*, 1980). This longer immersion time and degradation of driftwood can facilitate their enrichment by certain elements such as NaCl. Finally, it is also possible that the soil where the spruces in our study were cut (in Kuujjuarapik-Whapmagoostui) is less enriched in Na than the soil in which the driftwood spruces of Victoria Island grew. However, because of the unknown origin of these woods, this hypothesis cannot be confirmed.

The low Mg enrichment observed in the immersed woods of this study was also observed in the driftwood conifers of Alix and Stimmell (1996). Conversely, their study noted a higher rate of Al in the driftwood spruces as compared to dead spruces, whereas we observed a less of this element in our immersed spruces as compared to our dry spruces. This observation remains difficult to explain. Some of the elements were only documented in one or the other study but not in both (i.e. in Alix and Stimmell, 1996 or in this paper), so there is no basis of comparison. For example, this is the case for B, which slightly increases in all of our immersed woods, as well as for Cl, Br, I and Ti, which increase in the driftwood collected in western Canada (Alix and Stimmell, 1996). The extraction and analysis of these anions by ion chromatography will be considered in another study. Finally, Alix and Stimmell (1996) also revealed higher U and Al concentrations in the driftwood conifers than in dead and dry conifers, while this enrichment was only observed in all of the hardwoods of our study.

In this study, we compared the effects of immersion in seawater for coniferous wood (*Picea sp.* and *Larix sp.*) and deciduous wood (*Salix sp.* and *Alnus sp.*). Our findings indicate that chemical exchanges after immersion are more common in deciduous wood than in coniferous wood. For example, in addition to enrichment in Na, B and Mg in the immersed coniferous and deciduous woods, all of the hardwoods in this study became

enriched in Al, Sr and V and underwent a loss of K after being submerged in seawater. These systematic variations in concentration (i.e. enrichment and loss) more prevalent in deciduous than in coniferous wood, may be explained by the fact that the porous structure of deciduous wood probably allows a greater absorption of elements as compared to coniferous wood, whose anatomy is devoid of vessels (Schweingruber, 1990).

Many variations in concentration were detected in samples from the same species even though they came from the same location and were subjected to the same experimental conditions. These differences may be explained by the different ages of the woods and by the difficulty of scraping the same tree rings with the ceramic knife. Moreover, the concentration of the elements varies longitudinally in the tree, with greater concentrations in areas where photosynthesis occurs. Consequently, the different concentrations observed in the same species in this study may be related to the differences in the various parts of the tree.

Given these variations in the absolute element concentrations in the different wood species, it is difficult to differentiate immersed wood from dry wood. Therefore, the concentrations of each element were normalized to the total cation concentration and subjected to principal components analysis (PCA). Indeed, PCA is one of the best multivariate statistical techniques for extracting linear relationships among a set of variables (e.g. Simeonov *et al.*, 2003, Singh *et al.*, 2004). PCA is typically used in environmental organic geochemistry to highlight different sources of water contamination (Huang *et al.*, 2010 ; Juahir *et al.*, 2011; Derrien *et al.*, 2012,). In this study, the PCA was used to assess the initial dataset of wood samples and represent the relationship among groups and individual samples on a graph using a linear combination of variables. The PCA model based on 14 element concentrations show that Na concentrations significantly influenced the position in the graph of the immersed and dry samples which were separated in two groups. Score plot also indicated a separation between hardwood and conifer. These differentiations were also visible in a second PCA model based on 8 element concentrations without Na. Therefore, the findings of this study are very encouraging and suggest that it will be possible to isolate chemical characteristics that will allow us to differentiate dry and immersed wood species.



Future research should apply PCA on more samples in order to verify that there is no overlap between the different clusters. Some variables in the PCA models seem to be orthogonal to each other and may indicate a correlation, such as the Ba/cations versus Zn/cations or the Mg/cations versus Mn/cations (Figure 4 and 5).

#### ***4.2 Origin of the archaeological wood samples***

The archaeological wood samples presented variations in the concentrations of the elements, but these differences could not be directly explained by contact with seawater. Indeed, the archaeological samples had 2-5 times higher Ca concentrations than the dry and immersed woods from the same species. The same result was found in Alix and Stimmel (1996). Since Ca is a predominant cation in soil particles (Kelling and Schulte, 2004), such high concentrations in the buried archaeological woods probably reflect chemical exchanges with soil solutions. This burial effect may also explain the concentrations of Mg, Fe, Pb, and U, which can be mobilized into soil solutions depending on environmental conditions such as rainfall or changes in the redox conditions in the soil.

Furthermore, in our study as well as in Alix and Stimmel (1996), Al and U concentrations in the archaeological wood were higher than in the dry wood (deadwood) and immersed wood (driftwood). Na concentrations in archaeological wood were also greater than in dry wood (deadwood) but lower than in immersed wood (driftwood). There are two possible explanations for these findings. First, the archaeological woods were driftwood samples which were enriched in Na during their immersion, then suffered a loss of this element by means of leaching into the soil. Second, the archaeological woods were cut samples and the slight Na enrichment occurred in the soil. The archaeological sites where the wood was found are located near coastlines, and sea level changes may have created salt deposits far from the shore that could have contaminated the archaeological soils. Moreover, the lower Na concentration values in the archaeological spruce in our study in comparison to the archaeological spruces in Alix and Stimmel (1996) may be explained by: 1) the lower salinity in the Hudson Bay or James Bay waters where the wood drifted, or a shorter time of immersion (if it were driftwood samples), 2) lower Na concentrations in the soil at the IbGk-3 archaeological site on Drayton Island (Inukjuak) (if it were cut wood samples), or 3) lower Na concentrations in the original soils of these deadwood samples.

In opposition to Alix and Stimmell (1996), we found lower Mn concentrations in the archaeological spruces than in the dry deadwood and immersed spruces.

Finally, the two archaeological samples placed in the PCA model based on 8 element concentrations show they do not fall into the immersed and dry coniferous or deciduous clusters. However, they are relatively close to the dry samples. Such a position in the PCA model may suggest that these two samples, despite having large concentrations of relevant elements, may be dry wood rather than driftwood. In order to definitely determine their origin, more archeological and driftwood samples must be analyzed by ICP-MS and compared to our results.

## **5. CONCLUSION AND PERSPECTIVES**

In this preliminary study, an in-situ experiment was conducted in order to test the potential changes in the chemical composition of conifer and hardwood samples during a short period of contact with seawater. The chemical composition was determined on bulk wood samples by means of ICP-MS. The results show that a significant change in the chemical composition is observed when wood has been in contact with seawater as compared to dry wood. Indeed, Na concentrations (and to a lesser extent Mg and B concentrations) are more enriched in immersed wood than in the dry wood. Moreover, systematic variations in the concentration of the elements (i.e. enrichments and impoverishments) seem to be more numerous in immersed hardwoods than in conifers, likely because of their more porous anatomical structure. However, a definitive set of markers that would allow us to identify seawater contamination could not be determined.

Distinguishing driftwood from cut wood by means of chemical analysis is also more difficult for archaeological wood because of the various alterations of the raw material over time and the potential exchange of elements in the soil, which varies according to the length of burial. For all of the archaeological woods, higher concentrations in Al and Ca were noted relative to the dry and immersed woods. These stronger concentrations in Ca probably reflect the post-burial depositions affecting the archaeological wood. These results are consistent with other studies that used different analytical techniques.

Additional geochemical analyses of Na in the archaeological soils and a more complete analysis of anions such as Cl, I, or Br by ion chromatography would be needed in order to confirm these findings. In particular, more samples from cut, green, dead, drift, immersed and fossilized wood should be studied, taking into account the different conifer and hardwood species. Nevertheless, this preliminary study shows that such further analysis would likely provide very significant results.

## 6. ACKNOWLEDGMENTS

This project was supported by grants from the Archaeosciences Laboratory and Observatory of Universe Sciences of the University of Rennes 1, the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada (SSHRC), the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC to Najat Bhiry), the Avataq Cultural Institute and the Centre for northern studies. We also thank A. Delwaide for assistance in collecting the coniferous samples.

## 7. REFERENCES

- Abdel-Wahab, M.A., and Jones, E.B.G., 2000: Three new marine ascomycetes from driftwood in Australian sand dunes. *Mycoscience*, 41: 379-388.
- Alix, C., and Stimmell, C., 1996: Taking wood to know more about Thule culture, Canadian Archaeological Association, Conference Paper, Halifax, Nova Scotia, Canada.
- Alix, C., 2001: Exploitation du bois par les populations néo-eskimo entre le nord de l'Alaska et le Haut Arctique canadien. Ph.D. thesis. University of Paris I Panthéon-Sorbonne, 434 pp.
- Alix, C., 2004: Bois flotté et Archéologie de l'Arctique : contribution à la Préhistoire récente du détroit de Béring. *Etudes/Inuit/Studies*, 28: 109-132.
- Alix, C., 2005: Deciphering the impact of change on the driftwood cycle: contribution to the study of human use of wood in the Arctic. *Global and Planetary Change*, 47: 83-98.
- Arnold, C.D., 1994: The importance of wood in the early Thule culture of the western Canadian Arctic. In Morrison, D.A., and Pilon, J.L. (eds.), *Threads of Arctic Prehistory: Papers in Honour of William E. Taylor, Jr.* Canadian Museum of Civilization, Hull, 269-279.

Avataq Cultural Institute, 2008: IPY Archaeological Project Inukjuak Fieldwork 2007, No. AR255, 214 pp.

Bilby, R.E., and Ward, J.W., 1989: Changes in Characteristics and Function of Woody Debris with Increasing Size of Streams in Western Washington. *Transactions of the American Fisheries Society*, 118: 368-378.

Bilby, R.E., and Ward, J.W., 1991: Characteristics and Function of Large Woody Debris in Streams Draining Old-Growth, Clear-Cut, and Second-Growth Forests in Southwestern Washington. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48: 2499-2508.

Bues, C.T., 1986: Untersuchung einiger Eigenschaften von Tannen- und Fichtenholz nach 17jähriger Wasserlagerung. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 44: 7-15.

Clausen, C.A. 2010: Biodeterioration of wood. Wood handbook : wood as an engineering material. In Madison, WI. Centennial (ed.), *General technical report FPL-GTR-190*. : U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Chapter 14: 1-16

Cragg, S.M., Jumel, M.C., Al-Horani, F.A., and Hendy, I.W., 2009: The life history characteristics of the wood-boring bivalve *Teredo bartschi* are suited to the elevated salinity, oligotrophic circulation in the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 375: 99-105.

Derrien, M., Jardé, E., Gruau, G., Pourcher, A.M., Gourmelon, M., Jadas-Hécart, A., and Pierson Wickmann, A.C., 2012: Origin of fecal contamination in waters from contrasted areas: Stanols as Microbial Source Tracking markers. *Water Research*, 46: 4009-4016.

Desrosiers, P.M., Lofthouse, S., Bhiry, N., Lemieux, A.-M., Monchot, H., Gendron, D., and Marguerie, D., 2010: The Qijurittuq Site (IbGk-3), eastern Hudson Bay: An IPY interdisciplinary study. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 110: 227-243.

Dyke, A.S., England, J., Reimnitz, E., and Jetté, H., 1997: Changes in driftwood delivery to the Canadian Arctic Archipelago: The hypothesis of postglacial oscillations of the transpolar drift. *Arctic*, 50: 1-16.

Dyke, A.S., et Savelle, J.M., 2000: Holocene Driftwood Incursion to Southwestern Victoria Island, Canadian Arctic Archipelago, and Its Significance to Paleoceanography and Archaeology. *Quaternary Research*, 54: 113-120.

Eriksen, A.M., Gregory, D.J., and Botfeldt, K., 2014: The survival of *Teredo navalis* L. in timber wrapped in TERRAM4000 and a plastic membrane. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 86: Part B, 96-101.

Fengel, D., and Wegener, G., 1988: Chemische Analysen von Fichtenholz nach 17 jähriger Wasserlagerung. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 46: 7-8.

Filley Timothy, R., 2003: Assessment of Fungal Wood Decay by Lignin Analysis Using Tetramethylammonium Hydroxide (TMAH) and C13-labeled TMAH Thermochemolysis. In Goodell, B., and Nicholas, D.D. (ed.), *Wood Deterioration and Preservation-Advances in our Changing World*. ACS Symposium series, 119-139.

Gronnøw, B., 1996: Driftwood and Saqqaq culture woodworking in West Greenland. In Jacobsen, B., Andreasen, C., and Rygaard, J. (eds.), *Cultural and Social Research in Greenland 95/96*, Essays in Honour of Robert Petersen, Illisimatusarfik/Atuakkiorfik, 73-89 pp.

Hill, C.L., and Kofoed, C.A., 1927: Marine borers and their relation to marine construction on the Pacific coast. *Final report of the San Francisco Bay Marine Piling Committee*, 351 p.

Howarth, R.W., and Mohan, J., 2013: Biomes and Ecosystems, *Salem Press*.

Huang, F., Wang, X., Lou, L., Zhou, Z., and Wu, J., 2010: Spatial variation and source apportionment of water pollution in Qiantang River (China) using statistical techniques. *Water Research*, 44: 1562-1572.

Juahir, H., Zain, S., Yusoff, M., Hanidza, T.I.T., Armi, A.S.M., Toriman, M., and Mokhtar, M., 2011: Spatial water quality assessment of Langat River Basin (Malaysia) using environmetric techniques. *Environ Monit Assess*, 173: 625-641.

Kelling, K.A., and Schulte, E.E., 2004: Understanding plant nutrients: Soil and applied calcium, *University of Wisconsin Extension Publication*, A2523.

Laeyendecker, D., 1993a: Analysis of wood and charcoal samples from Inuit sites in Frobisher Bay. In Alsford, S. (ed.), *The Meta Incognita Project*. Ottawa: Canadian Museum of Civilization, 199-210.

Laeyendecker, D., 1993b: Wood and charcoal remains from Kodlunarn Island. In Fitzhugh, W.W., Olin, J.S. (eds.), *Archeology of the Frobisher Voyages*. Smithsonian Institution Press, Washington: Smithsonian Institution Press, 155-172.

Lemieux, A.-M., Bhiry, N., and Desrosiers, P.M., 2011: The geoarchaeology and traditional knowledge of winter sod houses in eastern Hudson Bay, Canadian Low Arctic. *Geoarchaeology*, 26: 479-500.

Łucejko, J.J., Zborowska, M., Modugno, F., Colombini, M.P., and Prądyński, W., 2012: Analytical pyrolysis vs. classical wet chemical analysis to assess the decay of archaeological waterlogged wood. *Analytica Chimica Acta*, 745: 70-77.

Noda, H., 1981: Consideration on some unusual epifaunal bivalves in the holes bored by *Bankia* sp. on driftwood in the Miyako-jima, *Okinawa Prefecture, southwestern Japan*, *Annual Report*, vol. 7, Institute of Geosciences, University of Tsukuba, 52-55.

Obbard, R.W., Roscoe, H.K., Wolff, E.W., and Atkinson, H.M., 2009: Frost flower surface area and chemistry as a function of salinity and temperature. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114: D20305.

Paalvast, P., and van der Velde, G., 2011: Distribution, settlement, and growth of first-year individuals of the shipworm *Teredo navalis* L. (Bivalvia: Teredinidae) in the Port of Rotterdam area, the Netherlands. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65: 379-388.

Schweingruber, F.H., 1990: Anatomie europäischer Hölzer, Anatomy of European Wood. Bern und Stuttgart (eds). *Haupt*, 800 pp.

Simeonov, V., Stratis, J.A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., Sofoniou, M., and Kouimtzis, T., 2003: Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Research*, 37: 4119-4124.

Singh, K.P., Malik, A., Mohan, D., and Sinha, S., 2004: Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. *Water Research*, 38: 3980-3992.

Steelandt, S., Bhiry, N., Marguerie, D., Desbiens, C., Napartuk M., and Desrosiers, P., 2013: Inuit knowledge and use of wood resources on the west coast of Nunavik, Canada. *Etudes Inuit Studies*, 36 (1): 147-174.

Strongman, D.B., and Rand, T.G., 1991: *Hirsutella nodulosa* isolated from a rhodacarid mite on driftwood collected from an inland marine lake in Bermuda. *Mycological Research*, 95: 372.

Syme, J.H., and Saucier, J.R., 1995: Effects of long-term storage of southern pine sawlogs under water sprinklers. *Forest Products Journal*, 45: 47-50.

Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R., and Cushing, C.E., 1980: The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37: 130-137.

Waksman, S.A., and Stevens, K.R., 1929: Processes involved in the decomposition of wood with reference to the chemical composition of fossilized wood. *Journal of the American Chemical Society*, 51: 1187-1196.



## **CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES**



## 1. CONTRIBUTION SCIENTIFIQUE DE LA THESE

Dans cette thèse de doctorat, nous avons documenté pour la première fois les caractéristiques (en termes de composition et d'origine) des ressources ligneuses actuelles (chapitre 1) et archéologiques (chapitre 2) prélevées sur la côte ouest du Nunavik. Nous avons également eu recours aux savoirs des Aînés Inuit pour mettre en valeur leurs connaissances précieuses sur l'exploitation de ces ressources ligneuses dans la région (chapitre 3), et y avons finalement expérimenté des analyses chimiques préliminaires visant à différencier un bois flotté d'un bois non flotté pour répondre à des questions plus spécifiques concernant le lieu de collecte des gros bois trouvés dans certains sites archéologiques de la région (chapitre 4). Il s'agit donc d'une thèse multidisciplinaire fondée sur des analyses xylologiques, anthracologiques, dendrochronologiques, radiométriques, sociales et géochimiques. Les résultats complémentaires obtenus à travers ces différents volets répondent à l'objectif général visé qui consistait à établir les connaissances sur les ressources ligneuses actuelles et passées récoltées sur la côte ouest du Nunavik tout en documentant leur collecte et leur exploitation par les Inuit et leurs ancêtres.

### **1.1 Connaissances apportées sur les bois flottés actuels au Nunavik (Chapitre 1)**

Un des objectifs spécifiques de cette recherche consistait à établir un référentiel des bois flottés actuels sur la côte ouest du Nunavik afin de compléter les données sur le sujet en Arctique et Subarctique circumpolaire. Sur les 1573 bois flottés étudiés, les 1057 échantillons de bois collectés sur les plages et îles avoisinantes des villages d'Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq et analysés sous microscope ont révélé la présence de huit taxons. Quatre d'entre eux étaient des conifères à savoir l'épinette notamment l'épinette noire (*Picea mariana*) et l'épinette blanche (*Picea glauca*), le mélèze laricin (*Larix laricina*), le cèdre blanc (*Thuja occidentalis*) et le sapin baumier (*Abies balsamea*). Les quatre autres étaient des feuillus, à savoir le saule (*Salix spp.*), le peuplier (*Populus spp.*), l'aulne (*Alnus spp.*) et le bouleau blanc (*Betula papyrifera*). L'épinette était le taxon le plus abondant dans les amas de bois flottés actuels. À l'inverse, le cèdre blanc, le bouleau blanc et le sapin baumier étaient extrêmement rares. Toutes ces espèces croissent dans la toundra forestière et la forêt boréale américaine. Néanmoins, la présence de rares espèces notamment le sapin baumier et le cèdre blanc,

endémiques des basses terres de la baie de James, confirme notre hypothèse de départ qui stipulait que les bois flottés ou du moins une partie d'entre eux provenaient des arbres colonisant les rives sud de la baie de James de par la remontée des courants marins vers le nord le long de la côte ouest du Nunavik. Les bois flottés trouvés autour des villages les plus au sud comme Umiujaq étaient d'ailleurs nettement plus nombreux, de plus grandes tailles et moins dégradés (munis d'écorce et de système racinaire) que les bois flottés trouvés plus au nord comme à Ivujivik. Ces bois récoltés dans la partie sud du Nunavik ont donc certainement parcouru moins de distance dans l'eau. Cependant, les courants marins semblent tout de même favoriser le transport de gros bois jusqu'à la région d'Akulivik où de nombreux conifères relativement volumineux ( $12\,000\text{ cm}^3$  soit en moyenne 8 cm de diamètre) ont été trouvés sur les plages au sud de l'île Smith (au large d'Akulivik). Ces gros bois ne parviennent pas en revanche, jusqu'au village d'Ivujivik, situé à 200 kilomètres plus au nord. Les plus gros bois flottés trouvés sur la côte ouest de la baie d'Hudson étaient des feuillus ; le record de taille revient à des peupliers trouvés au sud de l'île Bélanger dans la région d'Umiujaq (en moyenne 19 cm de diamètre). Ces feuillus de gros calibres viennent à nouveau conforter l'hypothèse d'une origine au sud de la baie de James. Dans chaque aire d'étude, les bois trouvés de plus petits volumes (souvent des feuillus comme le saule ou l'aulne) ne pouvant flotter que sur une plus courte période, sont probablement d'origine locale ou potentiellement proches des villages respectifs. Les données démontrent aussi que les bois récoltés sur les plages étaient morts relativement jeunes et ont sans doute été arrachés des bords de rives en automne au moment de fortes tempêtes, de crues ou au printemps au moment de la fonte des neiges dans cette région du Subarctique où les conditions climatiques peuvent être extrêmes. Au-delà des informations concernant l'identification, le volume et les caractéristiques morphologiques des bois flottés, un autre objectif de la thèse était de retracer leur origine. Pour chaque espèce, les différentes valeurs de largeur moyenne de cernes des bois supposent plusieurs origines. Les moyennes de ces valeurs dans chaque village pour les bois d'épinette et de mélèze comparées à celles des arbres de la même espèce provenant de différentes aires (Churchill, James Bay, Kuujuarapik et Umiujaq) ont révélé que plusieurs de ces bois pouvaient provenir des côtes de la Baie de James. De même, les mesures des largeurs moyennes de cernes et les inter-datations des bois flottés ont révélé de nombreuses corrélations significatives possibles avec les séries de référence existantes d'arbres provenant des côtes sud-est de la baie d'Hudson et de la baie de James considérés

comme des sources potentielles. Les possibilités étaient donc nombreuses, exacerbées par la difficulté de différencier l'épinette noire de l'épinette blanche. Néanmoins, beaucoup de bois analysés semblaient avoir des corrélations plus élevées avec les chronologies de références d'arbres provenant de la Grande Rivière (Baie James). À l'inverse, les plus grandes valeurs de largeurs de cernes moyennes calculées sur les bois collectés comparés à ceux d'arbres de la région de Churchill nous ont permis d'exclure cette aire de la liste des sites d'origines potentielles. Cependant, d'autres aires non testées situées à l'ouest de la Baie d'Hudson demeurent possibles.

## **1.2 Connaissances apportées sur les bois et charbons de bois récoltés sur les sites archéologiques du Nunavik (Chapitre 2)**

Le deuxième objectif principal de cette thèse consistait à caractériser les ressources ligneuses récoltées au sein des sites archéologiques sur la côte ouest du Nunavik. Ainsi, l'identification au genre ou à l'espèce de 293 bois, 550 charbons et 11 artefacts en bois provenant de 11 sites archéologiques des régions d'Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq, révèlent que la composition des ressources ligneuses archéologiques de ces sites est similaire à celle des bois flottés actuels. La majorité des bois et charbons trouvés dans les sites archéologiques était des conifères notamment de l'épinette et du mélèze. Ces deux taxons également les plus abondants dans la toundra forestière et dans les amas de bois flottés auraient donc été très utilisés par les habitants des sites paléoesquimaux et inuits. Les autres charbons et bois archéologiques étaient des feuillus provenant d'arbustes et arbrisseaux locaux à savoir du saule, plus rarement de l'aulne et du bouleau glanduleux, et du peuplier. La découverte d'un cèdre blanc dans le site IbGk-3 sur l'île Drayton (Inukjuak), conifère également trouvé dans les amas de bois flottés actuels, atteste d'une origine des bois correspondant à la côte sud de la baie de James où cette espèce atteint sa limite nord de répartition. Par ailleurs, parmi les bois archéologiques, des taxons inexistant dans les amas de bois actuels ont été identifiés. En effet, des charbons de pin rouge (*Pinus resinosa*) ou de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et de chêne (*Quercus* sp.) ont été trouvés dans le site KcFs-2 sur les îles Nuvuk près d'Ivujivik, le village le plus nordique étudié. Du châtaignier (*Castanea* sp.) a également été identifié dans la confection d'un bol provenant du site HaGe-12 près d'Umiujaq. Ces taxons poussant sous des climats tempérés et non sur les côtes de la Baie d'Hudson ou de la Baie de James, correspondaient sans doute à des bois importés

issus du commerce ou de naufrages. De nombreux fragments de bois et charbons archéologiques avaient des courbures de cernes moyennes et ne présentaient pas les premiers ni les derniers cernes de croissance ou d'écorce. Ces ressources ligneuses archéologiques proviendraient donc de bois de calibres moyens tels que des troncs de tailles moyennes ou de larges branches d'arbustes. Ces bois de tailles moyennes étaient d'ailleurs fortement utilisés par les ancêtres inuits dans la fabrication d'objets du quotidien et pour le feu étant donné leur facilité à les collecter à la main et à les travailler par rapport à des bois de plus gros calibres. Par ailleurs, beaucoup de charbons d'éricacées de très petites tailles et de diamètres entiers ont été trouvés dans les sites archéologiques aux alentours d'Umiujaq. Ces ligneux étant très répandus et ayant les mêmes valeurs de largeur moyenne de cernes que celles mesurées actuellement dans ce secteur, étaient probablement d'origines locales. À l'inverse, les différentes valeurs de largeurs moyennes de cernes obtenues dans les quatre villages pour les conifères notamment pour les bois et charbons d'épinette, mélèze et pin, révèlent différentes origines possibles. Des comparaisons des largeurs moyennes de cernes des bois archéologiques d'épinette et de mélèze avec les largeurs moyennes de cernes d'arbres de la même espèce provenant de différentes aires (Churchill, Baie James, Kuujjuarapik et Umiujaq), révèlent que beaucoup de ces bois pourraient provenir d'arbres des côtes de la Baie de James ou notamment, pour les bois archéologiques d'Ivujivik, de régions plus tempérées où la croissance des arbres est plus forte. Les dix plus gros bois archéologiques provenant du site JeGn-2 (Akulivik) et IbGk-3 (Inukjuak) ont tous été datés par radiocarbone de la période thuléenne après 800 BP. Les différentes dates radiocarbones obtenues pour les larges bois provenant de mêmes structures suggèrent que ces matériaux ligneux, relativement rares sur les plages de ces deux aires d'études, étaient probablement réutilisés, parfois plusieurs centaines d'années plus tard. Seules les courbes dendrochronologiques des cernes de croissance de quatre bois ont pu être inter-datées avec certaines chronologies de référence provenant du sud de ces aires (Rivière Boniface, Rivière aux Feuilles, Kuujjuarapik) dans l'intervalle de temps des datations radiocarbones obtenues. Les corrélations de ces bois avec ces chronologies sont néanmoins relativement faibles excepté pour un mélèze provenant du site IbGk-3 daté de manière relativement significative de 1780 à 1818 avec la chronologie de référence de la Rivière aux Feuilles. Il est donc possible que les thuléens ayant habité ce site aient coupé des arbres dans cette région plus à l'intérieur des terres. Ces résultats doivent cependant être considérés avec précaution car les bois archéologiques étudiés n'avaient

qu'entre 24 et 70 cernes et que conventionnellement un nombre minimal de 100 cernes est requis pour effectuer des inter-datations significatives. De plus, seules cinq séries de référence dans les intervalles de temps des datations radiocarbone obtenues existent à ce jour et ont pu être testées mais davantage de comparaisons avec d'autres chronologies de référence sont nécessaires pour préciser l'origine et la datation de ces bois.

### ***1.3 Savoirs des Aînés relatifs à l'exploitation des ressources ligneuses au Nunavik (Chapitre 3)***

Les connaissances obtenues sur les bois flottés actuels (Chapitre 1) et les bois archéologiques (Chapitre 2) au Nunavik ont, dans le cadre de cette thèse, été confrontées aux savoirs des Aînés Inuit afin de bien cerner la place de cette ressource dans la vie des anciens et actuels habitants du Nunavik. Ces derniers ayant vécu selon le mode de vie nomade durant leur enfance, possèdent des connaissances précieuses sur le sujet résultant d'une multitude d'expériences vécues. Ces savoirs traditionnels étaient d'autant plus intéressants à aborder qu'ils ne sont plus transmis aujourd'hui aux jeunes dans les écoles. Il était donc important, comme autre objectif spécifique de cette recherche, de collecter et retranscrire ces savoirs sur la disponibilité et l'exploitation des ressources ligneuses au Nunavik avant qu'ils ne disparaissent. Les entrevues semi-dirigées d'environ une heure, réalisées avec 27 Aînés (15 hommes et 12 femmes) dans les villages d'Ivujivik, Akulivik, Inukjuak et Umiujaq, abordaient les thèmes suivant : 1) le vocabulaire utilisé pour désigner les différentes ressources ligneuses (arbustes, bois flottés et arbres) le long de la côte ouest du Nunavik, 2) la collecte et l'utilisation des arbustes vivants et 3) l'origine, la collecte et l'exploitation des bois flottés. L'analyse des nombreuses informations apportées par les participants a révélé, entre autres, que les noms en Inuktitut des pièces de bois flottés n'étaient pas réellement donnés en fonction des différentes espèces mais en fonction de leur forme, leur aspect, leur couleur et leur texture. Le vocabulaire pour différencier les différents bois flottés et arbustes était donc relativement varié et ce savoir traditionnel était plus précis et diversifié dans les villages les plus au sud où le bois flotté et les différents arbustes sont plus abondants. Il s'avère aussi que les bois locaux d'arbustes (saule, bouleau) étaient principalement coupés en automne. A Inukjuak, une technique particulière de collecte de ces bois a été citée par tous les participants : les arbustes étaient en effet coupés plus particulièrement par les femmes à l'aide de couteaux, attachés ensemble avec une corde

en peau de phoque et portés sur le dos pour être acheminés aux campements. Ces arbustes étaient utilisés pour la confection de matelas, de tapis (*alliat*), de différents objets (balais, tapettes à moustiques, poupées) ou pour le feu (avec des branches de saule l'été et de bouleau l'hiver). Selon la majorité des participants, les bois flottés proviendraient du sud de la baie d'Hudson et de la baie de James et s'échoueraient sur les plages à la fin de l'été ou en automne. La collecte des bois flottés sur les plages se faisait à n'importe quel moment de l'année. Cependant, l'été était la saison la plus favorable pour les habitants d'Ivujivik pour collecter les bois par canot ou kayak autour des îles, les bois ayant comme particularité d'être relativement petits dans cette aire. Dans les autres villages situés plus au sud où les bois flottés sont beaucoup plus volumineux, la collecte se faisait davantage au cours de l'automne et de l'hiver, quand la neige permettait l'utilisation des traîneaux à chiens.

Les plus gros bois flottés étaient prioritairement utilisés pour la construction des canots, kayaks, traîneaux à chiens ou structures des habitations semi-souterraines tandis que les autres servaient à la fabrication de toutes sortes d'objets du quotidien ou pour la chasse (couteaux, harpons, bols, pièges...). Les plus petits bois flottés et abîmés étaient quant à eux, au même titre que les arbustes, utilisés pour le feu. Aux alentours d'Umiujaq, dans la toundra forestière, les arbustes étaient rarement coupés et les bois flottés n'étaient pas utilisés prioritairement ; les habitants semblaient préférer l'utilisation des arbres vivants. Pour la fabrication d'objets ou de moyens de transports, les Inuit et leurs ancêtres privilégiaient en effet l'abattage avec une hache des arbres (épinette et mélèze) pendant l'hiver, puis rapportaient les troncs aux campements en traîneaux à chiens. Quelques Aînés de chaque village et plus particulièrement à Inukjuak ont attesté que leurs parents ou grand-parents pouvaient aller couper des arbres dans la toundra forestière lorsqu'ils se rendaient par exemple près de Kuujjuarapik (à environ 150 km au sud d'Umiujaq) en traîneau à chiens pour des rencontres, des mariages ou des échanges commerciaux.

Les données démontrent aussi qu'il pouvait y avoir une certaine sélection des bois dans la fabrication de certains objets ou éléments comme par exemple une sélection des bois possédant encore leur système racinaire ou caractérisés par un tronc tordu pour faire le bord avant du siège des kayaks. Aujourd'hui, étant donné l'accès facile aux bois manufacturés, les arbustes vivants et bois flottés ne sont plus utilisés par les habitants exceptés durant la chasse ou pendant l'été sur les campements pour faire du feu, amarrer

les bateaux ou tenir les tentes. Cette étude dévoile également les lieux préférentiels de collectes des bois et arbustes aux alentours de chaque village. Ainsi, toutes ces données qualitatives abordées dans ce chapitre ont permis de compléter celles plus scientifiques décrites dans les deux chapitres précédents sur le sujet en contribuant à l'enrichissement de la culture des Inuit.

#### **1.4 Résultats préliminaires portant sur la différenciation chimique entre bois flottés et non flottés (Chapitre 4)**

La découverte de bois volumineux dans les sites archéologiques JeGn-2 à Akulivik et IbGk-3 à Inukjuak (Chapitre 2) et la possibilité, selon certains témoignages d'Aînés, d'une collecte de tels bois sur pied plus au sud dans la toundra forestière (Chapitre 3), nous ont amené à tenter de savoir si ces larges bois archéologiques provenaient de bois flottés recueillis à proximité des zones habitées ou de bois coupés plus au sud ? À défaut de pouvoir utiliser des critères morphologiques, excepté quelques traces de mollusques (*Toredos*) qui pouvaient attester de leur immersion, un des derniers objectifs de cette thèse était donc de tenter de différencier chimiquement un bois flotté d'un bois coupé sur pied (non flotté). Les résultats préliminaires des expérimentations conduites sur des morceaux de bois secs et immergés de quatre conifères (deux épinettes et deux mélèzes), quatre feuillus (deux aulnes et deux saules) et de deux bois archéologiques (épinette et saule) ont montré plusieurs résultats cohérents avec une étude pionnière menée par Alix et Stimmell (1996). Les bois immergés affichaient des concentrations de sodium beaucoup plus élevées (de 23 à 103 fois) que les mêmes bois restés au sec avec une moyenne de  $1\,622 \pm 782$  ppm pour les conifères et  $4165 \pm 1662$  ppm pour les feuillus. Notre étude a également démontré un léger enrichissement en bore et en magnésium dans presque tous les bois immergés (de conifères et feuillus). De plus, les variations systématiques de concentrations (enrichissement, perte) des différents cations sont plus nombreuses dans les bois de feuillus immergés que dans les bois de conifères immergés. Cette constatation est probablement due à l'anatomie plus poreuse des feuillus facilitant l'absorption ou l'échange des éléments par rapport aux conifères dépourvus de vaisseaux. La composition minéralogique du sol des lieux de croissance des arbres, les parties de l'arbre analysées, la taille des bois, leur âge, leur état de dégradation, leur temps d'immersion dans l'eau et la composition de l'eau dans laquelle ils ont été immergés sont autant de facteurs qui peuvent expliquer les différences de

variation de concentrations des éléments pour les mêmes espèces sèches et immergées de notre étude et celle d'Alix et Stimmell (1996).

La distinction entre un bois flotté et un bois non flotté est rendue plus difficile pour les bois archéologiques en raison de leur altération et des échanges potentiels des éléments entre le bois et le sol. De plus, ces cortèges d'éléments ont pu varier selon la période d'enfouissement. Pour tous les bois archéologiques, des concentrations plus élevées de 2 à 25 fois en aluminium et de 2 à 5 fois en calcium ont été relevées comparativement aux bois secs et immergés, ce qui reflète probablement un enrichissement post-enfouissement étant donné que le calcium est l'un des cations prédominant dans le sol. A l'inverse, les concentrations en manganèse, zinc et rubidium étaient plus faibles dans les bois archéologiques que dans les bois flottés et secs. De plus, les concentrations en sodium dans ces bois archéologiques étaient plus élevées que dans les bois secs mais plus faibles que dans les bois flottés. Il est donc possible que : 1) ces bois archéologiques provenaient de bois flottés qui auraient été lessivés et auraient perdu une quantité plus ou moins importante de sodium dans le sol en fonction de la durée d'enfouissement, ou que 2) ces bois archéologiques aient été coupés d'arbres qui ont crû sur des sols déjà légèrement enrichis en sodium (par la présence de sel dans le sol). Pour tenter d'en savoir plus et extraire les relations linéaires parmi les variables, les concentrations de 14 éléments ont été normalisées par rapport à la somme totale des concentrations de cations pour chaque échantillon et soumises à des analyses en composantes principales (ACP). Les résultats ont ainsi montré que les concentrations en Na influençaient significativement la position des échantillons immergés et secs qui se divisaient en deux groupes distincts. De même, les feuillus et conifères pouvaient être séparés chimiquement. Ces différenciations étaient également visibles dans une seconde ACP basée sur les concentrations de 8 éléments sans les concentrations normalisées de Na. Ces résultats sont donc très encourageants et suggèrent qu'il est possible de différencier les bois flottés de bois non flottés par des caractéristiques chimiques. Dans cette même ACP, les valeurs des deux bois archéologiques d'épinette et de saule étaient distantes des autres bois actuels mais plus proches des valeurs de bois secs que des valeurs de bois flottés. Cependant, des analyses géochimiques plus poussées, notamment une détermination des valeurs du sodium dans les sédiments ou sols du site IbGk-3 où ces bois ont été trouvés et l'analyse des anions comme le chlore par chromatographie ionique, seraient nécessaires pour confirmer cette interprétation. De



même, de meilleures connaissances sur le transfert potentiel ou lessivage du sodium et des autres éléments dans le sol sont requis.

En résumé, les objectifs principaux énoncés en début de thèse, visant à établir les caractéristiques des bois flottés actuels et archéologiques et à documenter leurs modes d'exploitation et de collecte par les Inuit et leurs ancêtres sur la côte ouest du Nunavik, ont en grande partie été atteints. La question de l'origine des bois flottés et bois archéologiques est également en partie élucidée. En effet, les similitudes des espèces de bois flottés et archéologiques avec celles de la forêt boréale nord-américaine, la découverte de certaines espèces spécifiques telles le bouleau blanc et cèdre blanc ainsi que l'étude du volume, de l'état de dégradation et des cernes de croissance des bois, confirment notre hypothèse de départ, à savoir qu'une majorité d'entre eux provient des côtes sud de la baie de James. Quelques questions demeurent néanmoins sans réponse. Il s'agit de celles relatives au mode de collecte des gros bois retrouvés dans les sites archéologiques d'Akulivik et d'Inukjuak qui pourraient tout aussi bien provenir de bois flottés que de bois coupés sur pied plus au sud dans la toundra arbustive et forestière. Si les entrevues réalisées avec les Aînés Inuits suggèrent que ces deux possibilités étaient possibles, seules des analyses plus poussées pourront permettre de répondre à ces questions pour des bois spécifiques trouvés dans les sites archéologiques. Les premières expériences chimiques réalisées dans le cadre de cette thèse sur les différences de concentration de cations des bois flottés et non flottés montrent des résultats intéressants et des perspectives de recherche à approfondir.

## **2. PERSPECTIVES DE RECHERCHE**

Cette thèse apporte des données inédites et originales sur les ressources ligneuses actuelles et passées et leur exploitation dans l'est du Canada. Ces recherches au Nunavik viennent en effet compléter les données existantes sur le sujet dans d'autres régions de l'Arctique et du Subarctique. Les perspectives de recherche qui découlent de cette étude sont prometteuses car beaucoup de travaux méritent d'être approfondis à court terme et plus long terme.

Les caractéristiques (disponibilité, identification, état de dégradation, volume, origine, etc.) des bois flottés au Nunavik pourront en effet être complétées par des études similaires dans d'autres villages sur les côtes de la région. Par la suite, ces données

permettront d'enrichir les connaissances sur les courants marins dans la Baie d'Hudson et la Baie de James en évaluant d'éventuels changements dans la quantité et la composition des amas de bois flottés le long des côtes de la région.

De même, de nombreux charbons, bois et artefacts en bois archéologiques ont récemment été mis au jour suite aux fouilles du site JeGn-2 à Akulivik en 2013 et font actuellement partie des collections de l'Institut culturel Avataq. D'autres ressources ligneuses archéologiques seront certainement découvertes au cours des prochaines fouilles planifiées de quelques sites archéologiques du Nunavik. L'identification et l'analyse des cernes de croissance de ces échantillons permettront de compléter les résultats obtenus dans cette thèse et d'en apprendre davantage sur l'exploitation du bois par les ancêtres des Inuit dans la région.

De plus, d'autres entrevues avec les Aînés abordant les connaissances sur les ressources ligneuses seront conduites dans les autres villages du Nunavik. Ces entrevues semi-dirigées aborderont également d'autres thèmes comme ceux de l'occupation du territoire et l'approvisionnement en nourriture.

Les expériences géochimiques exploratoires et fondamentales abordées dans le chapitre 4 de cette thèse débouchent sur des perspectives prometteuses. Des tentatives d'extraction des anions, de concentrations très faibles dans les bois flottés et non flottés, pourront être tentées prochainement à l'INRS ÉTÉ (Québec, Canada), afin de comparer après chromatographie ionique leurs concentrations, notamment les concentrations de chlore qui constituent avec le sodium l'un des éléments essentiels de l'eau de mer. D'autres éléments comme le brome ou l'iode pourront également être comparés. Un plus grand nombre d'analyses par ICP-MS sur des bois verts coupés, des bois expérimentalement mis à l'eau ainsi que sur des bois flottés trouvés sur les plages et des bois enterrés dans le sol, provenant de différentes espèces et de diverses régions, seront également nécessaires pour valider les résultats de cette étude et tenter d'en savoir plus sur le mode de collecte des bois archéologiques.

Par ailleurs, d'autres expériences géochimiques plus poussées pourraient être envisagées pour répondre à la question de la provenance du bois flotté. En effet, des analyses sur les rapports isotopiques du strontium  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , qui a pour particularité de ne pas subir de fractionnements physico-chimiques (variations de température, pression,

évaporation, condensation, etc.) ou biologiques (assimilation racinaire, évapotranspiration, action des micro-organismes du sol, fermentation, etc.) depuis le sol jusqu'au végétal et dont les rapports peuvent être caractéristiques d'un sol donné, pourraient être envisagées pour déterminer l'origine des bois flottés et archéologiques collectés sur la côte ouest du Nunavik. Néanmoins, cette application nécessite, tout comme la dendrochronologie, l'utilisation de séries de référence (rapports isotopiques du strontium) des sols ou des arbres des lieux d'origine potentiels.

Une autre technique, consistant à fixer des balises Argos sur certains bois sélectionnés en bordure de rivières, pourrait être testée pour en connaître davantage sur la dérive de ces ligneux. Ces balises pourraient en effet transmettre des données satellites en temps réel concernant la localisation des bois et donc des courants marins de surface ainsi que d'autres données hydrographiques précieuses pour les océanographes. Ce système, utilisé sur certains voiliers, canots de sauvetage, bouées, stations de météo automatique dérivante et même animaux marins (bio-logging), est néanmoins relativement coûteux et sa fixation sur des bois flottés implique de prendre en compte un risque élevé de perte de la balise si le bois coule au cours de son périple.

Finalement, des recherches en génétique sur les bois flottés et arbres de la toundra forestière pourraient être envisagées pour tenter de savoir s'il existe des patrimoines génétiques communs.

Dans tous les cas, seule une complémentarité des recherches dans différents domaines d'étude (dendrochronologie, géochimie, génétique, etc.) permettra d'en apprendre plus sur la provenance de ces bois qui ont constitué une ressource fondamentale dans la vie quotidienne des peuples arctiques.

## **ANNEXES**



## **ANNEXE 1 :**

**Caractéristiques anatomiques des espèces identifiées sur  
les plages actuelles et sites archéologiques de la côte ouest  
du Nunavik**

Douze taxons ont été relevés dans cette étude (bois actuels et archéologiques compris). Cinq d'entre eux étaient des conifères à savoir l'épinette (*Picea* sp.) (*Picea mariana* et *Picea glauca*), le mélèze (*Larix* sp.) (*Larix laricina*), le cèdre (*Thuja* sp.) (*Thuja occidentalis*), le sapin (*Abies* sp.) (*Abies balsamea*) et le pin (*Pinus* sp.) (*Pinus resinosa* ou *Pinus sibirica*). Les sept autres étaient des feuillus à savoir le saule (*Salix* sp.), le peuplier (*Populus* sp.), l'aulne (*Alnus* sp.), le bouleau (*Betula* sp.) (*Betula papyrifera* et *Betula glandulosa*), le châtaignier (*Castanea* sp.) le chêne (*Quercus* sp.) et des éricacées (*Ericaceous* sp.).

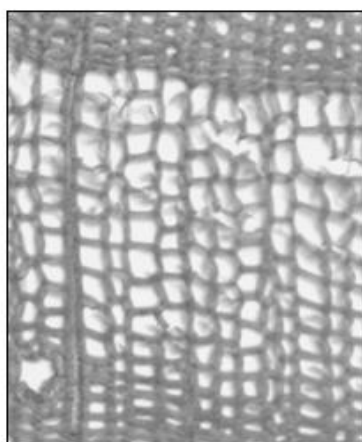
Ces identifications ont été effectuées en comparant leur structure anatomique selon 3 coupes transversale, radiale et tangentielle sous microscope, avec les clés d'identification de Hoadley (1990), Schweingruber (1990), Cournoyer (unpublished) et à l'aide des collections de référence au Centre d'Etudes Nordiques et au Laboratoire de Rennes.

La difficile différenciation entre l'épinette (*Picea* sp.) et le mélèze (*Larix* sp.) a été réalisée à partir des critères d'identifications énoncés dans les travaux de Bartholin (1979), Talon (1997) et Marguerie et al. (2000). Lorsque cette distinction n'était pas possible, l'échantillon était noté "*Picea* sp./*Larix* sp.". De même, le terme "*Salix* sp./*Populus* sp." était employé lorsque l'hétérogénéité et l'homogénéité des rayons en coupe radiale et tangentielle était difficilement décelable et que la différenciation ne pouvait donc être faite entre le saule et le peuplier. Les critères d'identification de ces onze espèces sont décrits ci-dessous :

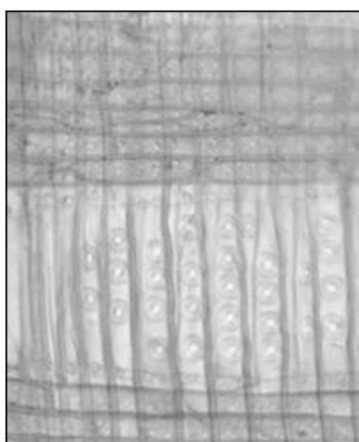
## 1) Conifères :

### *Picea* sp.

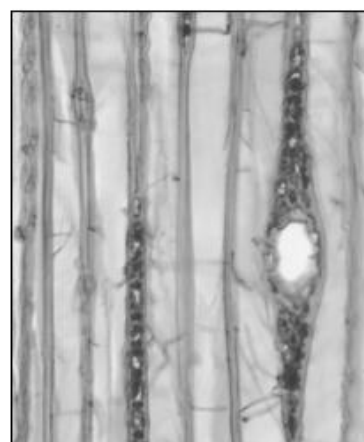
Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle



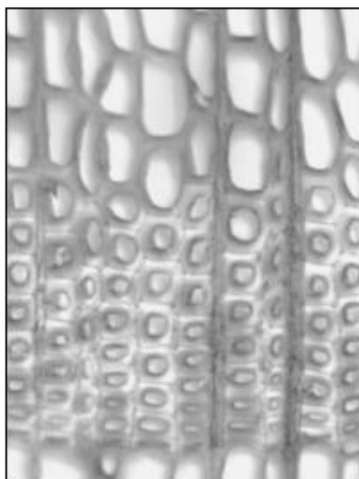
50 µm

- Canaux résinifères présents
- Transition bois final/bois initial graduelle
- Ponctuations aréolées des trachéides longitudinales généralement unisériées
- Taille de trachéides longitudinales de 25-35 µm
- Ponctuation par champ de croisement généralement au nombre de 1 à 6 (picéoides)
- Parois des trachéides radiales plutôt dentées voire spiralées (critère de Barthelin)
- Forme des marges de l'aurole (dent terminal) dans les ponctuations aréolées des trachéides radiales souvent avec une petite crête (bordure anguleux) et ouverture relativement serrée (critère de Barthelin)
- Rayons fusiformes plutôt centrés (en coupe transversale)

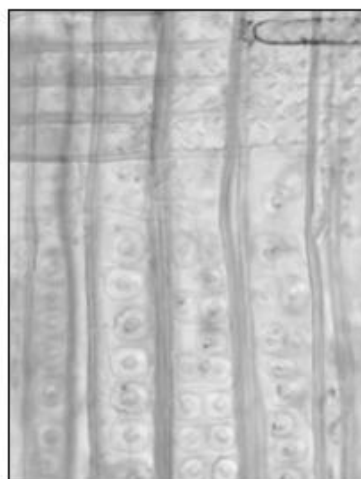
La distinction anatomique entre *Picea mariana* et *Picea glauca* bien que relativement compliquée, voire impossible, pouvait tout de même être tentée (notamment dans le cadre d'interdatation) en regardant les ponctuations aréolées des trachéides radiales qui sont plus souvent unisériées pour *Picea glauca* et bisériées pour *Picea mariana* (Marguerie et al., 2000).

### ***Larix* sp. (probablement *laricina*)**

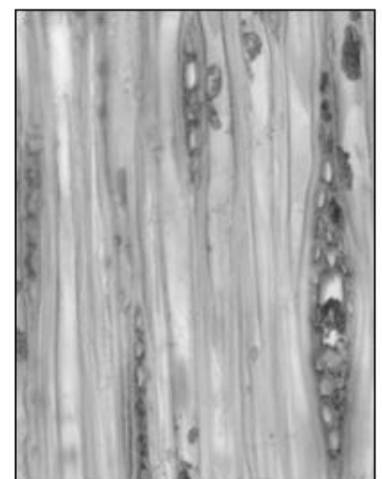
Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle



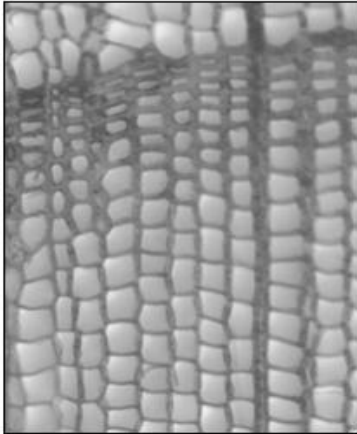
50 µm

- Canaux résinifères présents
- Transition bois final/bois initial abrupte
- Ponctuations aréolées des trachéides longitudinales généralement bisériées
- Taille de trachéides longitudinales de 40-60 µm
- Présence de barres de Sanyo sur les trachéides longitudinales (critère de Barthelin)
- Ponctuation par champ de croisement généralement au nombre de 1 à 12 (picéoides)
- Parois des trachéides radiales plutôt lisses (critère de Barthelin)
- Forme des marges de l'aurole (dent terminal) dans les ponctuations aréolées des trachéides radiales souvent avec une bordure arrondie et lisse et ouverture relativement large (critère de Barthelin)
- Rayons fusiformes asymétriques (canaux résinifères radiaux excentrés) (en coupe transversale)

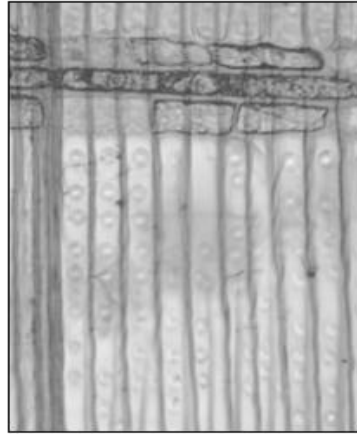


***Thuja* sp.** (probablement *occidentalis*)

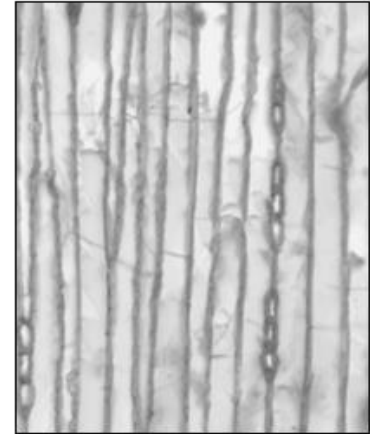
Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle

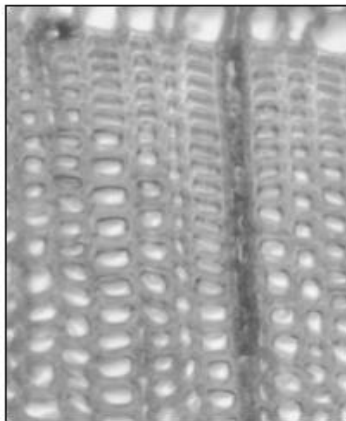


50 µm

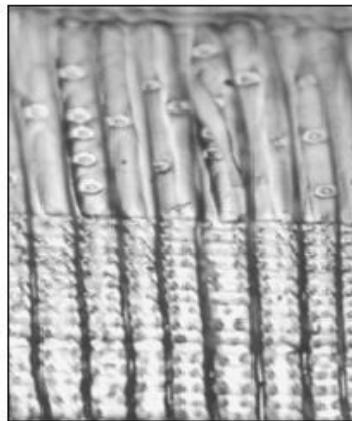
- Transition entre le bois final et bois initial graduelle
- Canaux résinifères longitudinaux et transversaux normalement absents
- Trachéides longitudinales sans épaisissements hélicoïdaux
- Parenchyme longitudinal absent ou très rare avec parois transversales noduleuses
- Ponctuations des trachéides longitudinales généralement unisériées
- Parois tangentielles du parenchyme des rayons lisses
- Trachéides transversales des rayons absents
- Ponctuations des champs de croisement taxodioides

***Abies* sp.** (probablement *balsamea*) (trouvé sur une plage autour d'Ivujivik)

Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle



50 µm

- Transition entre le bois final et bois initial graduelle
- Canaux résinifères longitudinaux et transversaux normalement absents
- Trachéides longitudinales sans épaisissements hélicoïdaux
- Parenchyme longitudinal absent ou très rare avec paroi transversales noduleuse
- Ponctuations des trachéides longitudinales généralement unisériées
- Parois tangentielles du parenchyme des rayons noduleuses
- Trachéides transversales des rayons présentes
- Ponctuations des champs de croisement taxodioides

***Pinus sp.*** (uniquement trouvé sur le site KcFs-2 sur les îles Nuvuk, Ivujivik)

Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle



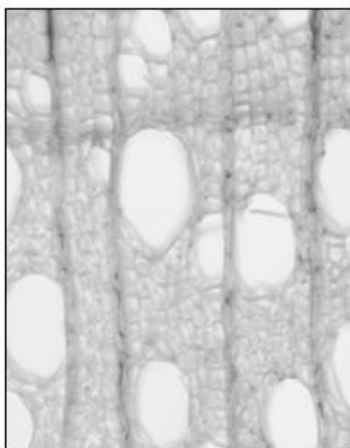
50 µm

- Transition entre le bois final et bois initial abrupte pour *resinosa* et *sylvestris* ; graduelle pour *strobis* et *banksiana*
- Canaux résinifères longitudinaux et transversaux présents
- Ponctuations des trachéides longitudinales généralement unisériées
- Ponctuations des champs de croisement fenestriiformes pour *resinosa* et *sylvestris*, pinoides pour *banksiana*
- Trachéides transversales dentées pour *resinosa*, *sylvestris*, *banksiana* et lisses pour *strobis*, *sibirica*
- Parois des trachéides radiales lisses pour *strobis* et *sibirica*, dentées pour *sylvestris* et *resinosa*

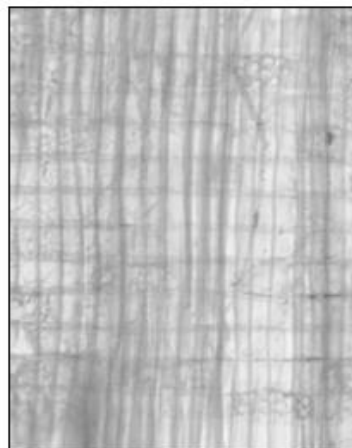
## 2) Feuillus :

***Salix sp.***

Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle

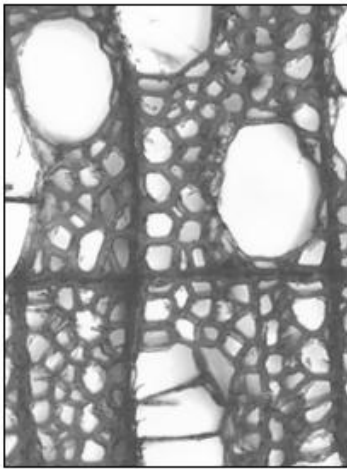


50 µm

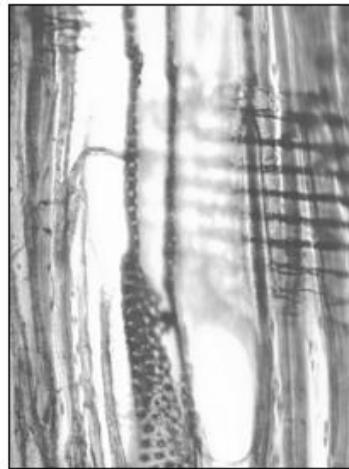
- Perforations simples
- Epaisissements spiralés absents
- Pores groupés ou diffus (nombreux vaisseaux)
- Rayons unisériés et aux cellules hétérogènes

### ***Populus sp.***

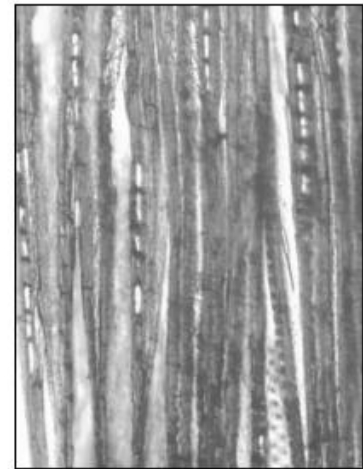
Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle

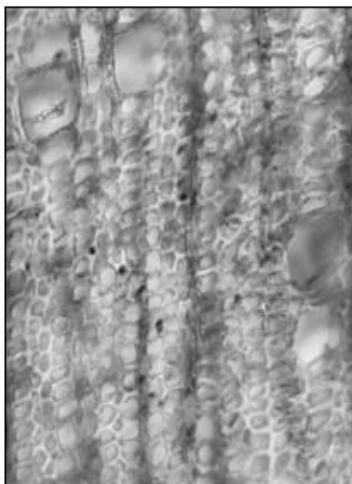


50 µm

- Perforations simples
- Epaissements spiralés absents
- Pores groupés ou diffus (nombreux vaisseaux)
- Rayons unisériés et aux cellules homogènes

### ***Alnus sp.***

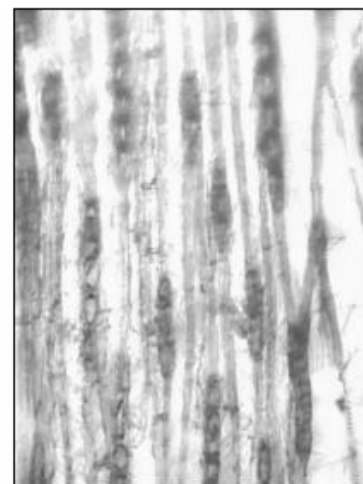
Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle

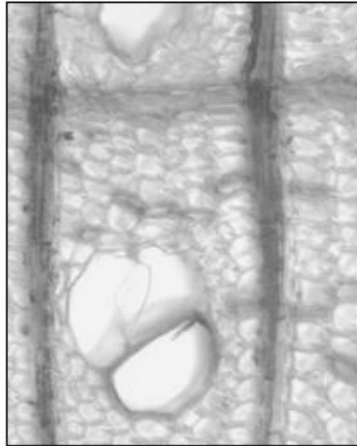


50 µm

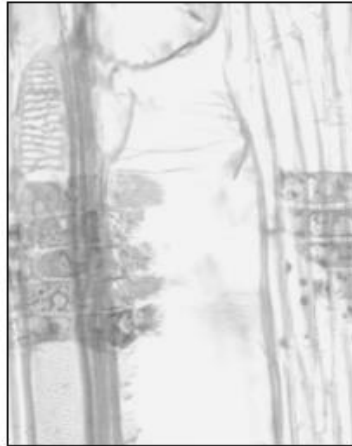
- Perforations scalariformes à barreaux très fins et nombreux (10 à 20)
- Epaissements spiralés absents
- Pores groupés ou diffus (nombreux vaisseaux)
- Rayons unisériés et faux rayons

### ***Betula sp.***

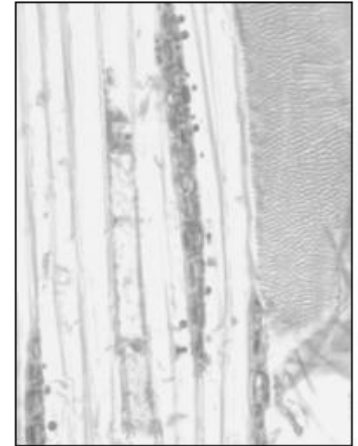
Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle

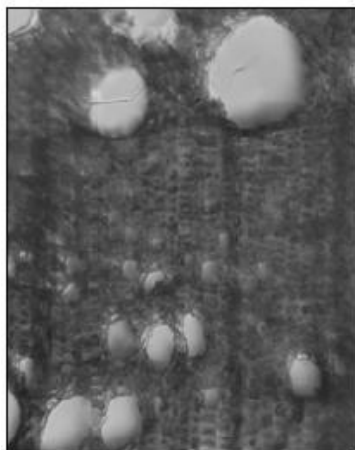


50 µm

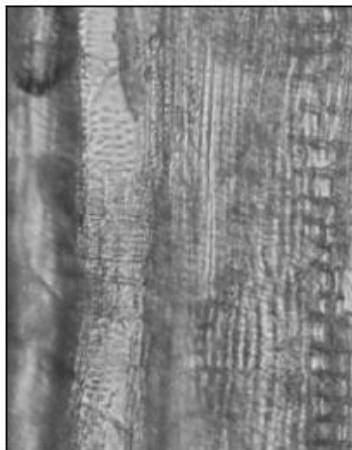
- Perforations scalariformes à barreaux généralement un peu plus épais et moins nombreux que l'aulne (10 à 15)
- Epaisissements spirales absents
- Pores groupés ou diffus (nombreux vaisseaux)
- Hauteur des rayons généralement inférieure à 6 cellules (1 à 4)

### ***Castanea sp.*** (*Uniquement trouvé dans le site KcFs-2 sur les îles Nuvuk, Ivujivik*)

Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle



50 µm

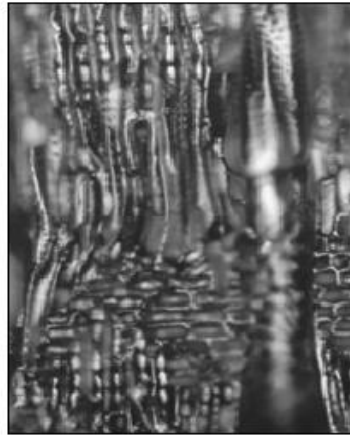
- Perforations simples
- Trachéides circumvasculaires
- Zone poreuse avec rayons nettement plus étroits que les gros pores du bois initial
- Rayons unisériés et homocellulaires, opposés aux vaisseaux
- Ponctuations alternées
- Bois final marqué de bandes radiales ondulées ou subdivisées

**Quercus sp.** (Uniquement trouvé sur un bol sur le site HaGe-12 près d'Umiujaq)

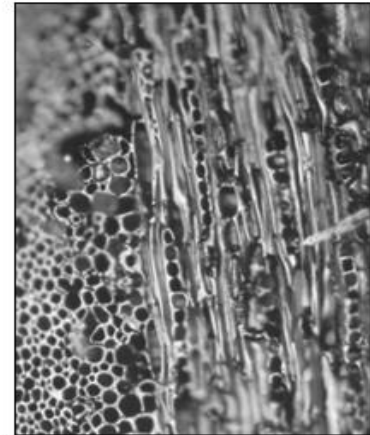
Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle

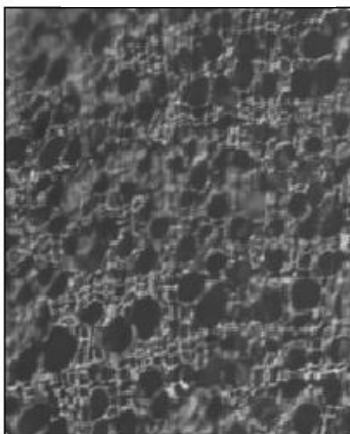


50 µm

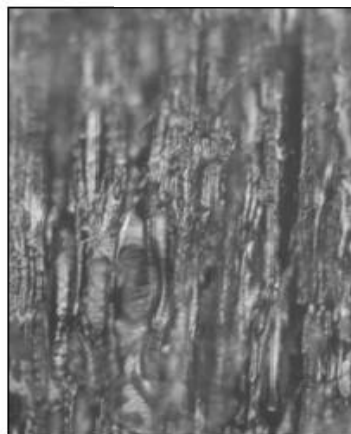
- Perforations simples
- Epaissements spiralés absents
- Pores surtout solitaires
- Zone poreuse avec larges rayons (larges voire plus larges que les gros pores du bois initial) homogènes non étagés et nombreux
- Vaisseaux dans le bois initial gros à extrêmement gros et dans le bois final rare à nombreux
- Ponctuations intervasculaires de rondes à ovales, de 6 à 10 µm de diamètre
- Trachéides juxtavasculaires présentes, mêlés au parenchyme abondant et souvent en chaînette

**Ericaceous sp.**

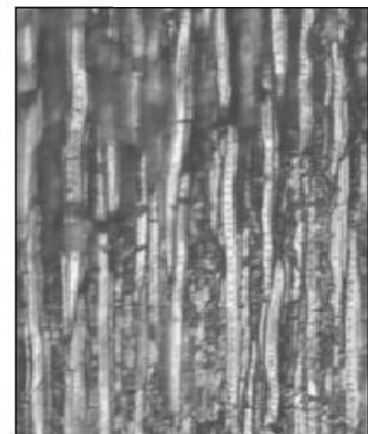
Coupe transversale



Coupe radiale



Coupe tangentielle



50 µm

- Zone diffuse ou semi-poreuse avec cernes distincts marqués par des fibres plates à parois épaisses
- Vaisseaux disposés de manière solitaire ou en groupe avec densité variable entre 100-300/mm<sup>2</sup> pour les arbustes nains et 50-100/mm<sup>2</sup> pour les arbustes.
- Diamètre des vaisseaux variables entre 15-30 µm pour les arbustes nains et entre 30-50 µm pour les arbustes.
- Structure des perforations variables (simple, scalariforme)

Bien que la densité des vaisseaux, structure des perforations, composition des rayons puisse permettre certaines différenciations, la structure anatomique au sein de la famille est relativement homogène et un classement général assez difficile.

### **References:**

Bartholin, T., 1979. The Picea-Larix problem. International Association of Wood Anatomists, Bulletin numéro spécial, 1 : 7-10.

Hoadley, B. 1990, Identifying wood: accurate results with simple tools, 223 pp., Taunton Press, Newtown, Conn.

Marguerie, D., Bégin, Y. et Cournoyer, L., 2000. Distinction anatomique du bois du Mélèze (*Larix laricina*), de l'épinette blanche (*Picea glauca*) et de l'épinette noire (*Picea mariana*) en vue de l'analyse des macrorestes. Géographie physique et Quaternaire, 54(3): 317-325.

Schweingruber, F. H., 1990. Anatomie europäischer Hölzer, Anatomy of European Wood. Haupt, Bern und Stuttgart (Eds). 800 p.

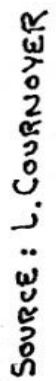
Talon, Brigitte, 1997: Anatomical and comparative study of *Larix decidua* Mill. and *Picea abies* L. Karst. wood charcoal. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Serie III Sciences de la Vie 320(7): 581-588



**ANNEXE 2 :**  
**Clés d'identification**



## 250



Clé d'identification des principales espèces de conifères du Québec, tirée et modifiée de Hoadley, 1990

Espèces	Critères macroscopiques					Critères microscopiques									
	Couleur du duramen	Grain	Transition bois initial / bois final	Texture	Canaux résinitères		Trachéides longitudinales			Parenchyme longitudinal		Rayons			
					Taille	Parois des cellules épithéliales	Diamètre (µm)	Ponctuations unisériées	Épaississements spirales	Présence	Parois transversales	Trachéides de rayon	Parois tangentielles du parenchyme	Ponctuations des champs de croisement	Fusiformes
<i>Abies balsamea</i>	blanc à brun pâle avec teinte lavande	variable	graduelle	moyennement grossière	absents	NA	30-50	généralement unisériées	absents	absent ou très rare	noduleuse si présent	absentes	noduleuses	taxodioides	absents
<i>Juniperus virginiana</i>	pourpre intense	variable	graduelle	très fine	absents	NA	20-35		absents	abondant	noduleuse	absentes	noduleuses	cupressoides	absents
<i>Larix laricina</i>	jaune à brun-orangé	inégal	abrupte	moyennement fine	petits	épaisses	40-60	bisériées	absents	absent	NA	lisses	noduleuses	picéoides	assymétriques
<i>Picea glauca</i>	brun pâle	plutôt égal	graduelle	fine	petits	épaisses	25-35	généralement unisériées	absents	absent	NA	lisses	noduleuses	picéoides	symétriques
<i>Picea mariana</i>	brun pâle	plutôt égal	graduelle	fine	petits	épaisses	25-30	généralement unisériées	absents	absent	NA	lisses	noduleuses	picéoides	symétriques
<i>Picea rubens</i>	brun pâle	plutôt égal	graduelle	fine	petits	épaisses	25-35	généralement unisériées	absents	absent	NA	lisses	noduleuses	picéoides	symétriques
<i>Pinus banksiana</i>					Moyens	minces		généralement unisériées	absents	absent	NA	dentées		(fenestriiformes)	
<i>Pinus resinosa</i>	brun rouge	plutôt inégal	abrupte	moyenne	Moyens	minces	30-45	généralement unisériées	absents	absent	NA	dentées		fenestriiformes	symétriques
<i>Pinus strobus</i>	brun pâle	plutôt égal	graduelle	moyennement fine	gros / 90-120µm	minces	25-45	généralement unisériées	absents	absent	NA	lisses		fenestriiformes	
<i>Taxus</i> spp.	orange	inégal	graduelle	très fine	absents	NA	15-25	unisériées	présents	absent	NA	absentes	lisses	cupressoides	absents
<i>Thuja occidentalis</i>	brun pâle à moyen	plutôt égal	graduelle	fine à moyenne	absents	NA	20-35	généralement unisériées	absents	dispersé	noduleuse	absentes	lisses	taxodioides	absents
<i>Tsuga canadensis</i>	blanc à brun pâle	plutôt inégal	abrupte / parfois graduelle	moyennement grossière	absents	NA	30-45	bisériées	absents	absent ou rare	noduleuse si présent	rare	noduleuses	picéoides / cupressoides	absents

Clé d'identification des feuillus :

Perforation	Épaississements spiralés	Pores groupés?	Autres critères		Taxon
grille/scaliforme	Présents	Groupés			<i>Ostrya</i> <i>Corylus</i>
			Faux rayons	<i>Carpinus</i>	
		Surtout solitaires			<i>Vaccinium</i> <i>Amelanchier</i> <i>Sorbus</i>
	Présents ou absents	Surtout solitaires		<i>Kalmia</i> <i>Rhododendron</i>	
	Absents	Surtout solitaires		<i>Cornus</i>	
		Groupés	rayon uni		<i>Alnus</i>
			rayon moins de 6		<i>Betula</i>
			rayon très larges (10 +)		<i>Fagus grandifolia</i>
simple	Présents	Surtout solitaires		<i>Sorbus</i> <i>Amelanchier</i>	
		Groupés	Diffus à Semi-Diffus		<i>Prunus</i> <i>Tilia</i>
			Diffus		<i>Acer</i>
			Zone poreuse/ sans rayons larges		<i>Ulmus</i>
	Absents	Surtout solitaires	Zone poreuse/avec rayons larges		<i>Quercus</i>
		?	Rayons uni		<i>Salix</i> <i>Populus</i>
		Groupés			Rayons surtout 1 à 3
			S-D	<i>Juglan</i>	
			Diffus	<i>Sambucus</i>	
			Rayons > 10 cell		<i>Fagus grandifolia</i>

Source : Vanessa Pilon

### **ANNEXE 3 :**

**Exemples d'inter-datations des courbes moyennes indicées  
d'échantillons de bois flottés provenant d'Ivujivik avec des  
séries de références d'épinettes noires provenant du sud-  
est de la baie d'Hudson et de la baie James**

IVUJIVIK	Numéro du bois	Epinette noire/ Rivière Boniface-Bégin/ Bégin (Indices)/ (1415-1986)	Epinette noire/ Grande Rivière (GR1)/ Bégin-Nicault (Indices)/ (1803-1993)	Epinette noire/ Radisson Ouest (GR3)/ Bégin-Nicault (Indices)/ (1776-1993)	Epinette noire/ Duncan/ Bégin-Nicault (Indices)/ (1684-1995)
Digges	C 9	Période: 1855-1944 Pearson: 0.511* Gleichlaufigkeit: 0.64 Test T: 5.141 Nb de cerne: 89 N ajusté (Ordre 1): 56 N ajusté (Ordre 2): 72	Période: 1902-1991 Pearson: 0.359* Gleichlaufigkeit: 0.52 Test T: 3.466 Nb de cerne: 89 N ajusté (Ordre 1): 48 N ajusté (Ordre 2): 65	Période: 1836-1925 Pearson: 0.316* Gleichlaufigkeit: 0.54 Test T: 3.026 Nb de cerne: 89 N ajusté (Ordre 1): 45 N ajusté (Ordre 2): 62	Période: 1791-1880 Pearson: 0.46* Gleichlaufigkeit: 0.49 Test T: 4.553 Nb de cerne: 89 N ajusté (Ordre 1): 45 N ajusté (Ordre 2): 64
	D 25	Période: 1419-1507 Pearson: 0.359* Gleichlaufigkeit: 0.52 Test T: 3.446 Nb de cerne: 88 N ajusté (Ordre 1): 64 N ajusté (Ordre 2): 87	Période: 1850-1938 Pearson: 0.264 Gleichlaufigkeit: 0.57 Test T: 2.493 Nb de cerne: 88 N ajusté (Ordre 1): 59 N ajusté (Ordre 2): 88	Période: 1810-1898 Pearson: 0.261 Gleichlaufigkeit: 0.57 Test T: 2.463 Nb de cerne: 88 N ajusté (Ordre 1): 56 N ajusté (Ordre 2): 88	Période: 1849-1937 Pearson: 0.374* Gleichlaufigkeit: 0.59 Test T: 3.601 Nb de cerne: 88 N ajusté (Ordre 1): 57 N ajusté (Ordre 2): 88
	D 27	Période: 1475-1545 Pearson: 0.479* Gleichlaufigkeit: 0.54 Test T: 4.216 Nb de cerne: 70 N ajusté (Ordre 1): 45 N ajusté (Ordre 2): 55	Période: 1855-1925 Pearson: 0.497* Gleichlaufigkeit: 0.48 Test T: 4.4 Nb de cerne: 70 N ajusté (Ordre 1): 39 N ajusté (Ordre 2): 50	Période: 1915-1985 Pearson: 0.332* Gleichlaufigkeit: 0.59 Test T: 2.819 Nb de cerne: 70 N ajusté (Ordre 1): 37 N ajusté (Ordre 2): 47	Période: 1865-1935 Pearson: 0.398* Gleichlaufigkeit: 0.55 Test T: 3.427 Nb de cerne: 70 N ajusté (Ordre 1): 38 N ajusté (Ordre 2): 49
	D 30	Période: 1494-1579 Pearson: 0.408* Gleichlaufigkeit: 0.68 Test T: 3.89 Nb de cerne: 85 N ajusté (Ordre 1): 74 N ajusté (Ordre 2): 79	Période: 1803-1888 Pearson: 0.385* Gleichlaufigkeit: 0.57 Test T: 3.651 Nb de cerne: 85 N ajusté (Ordre 1): 71 N ajusté (Ordre 2): 77	Période: 1860-1945 Pearson: 0.378* Gleichlaufigkeit: 0.59 Test T: 3.579 Nb de cerne: 85 N ajusté (Ordre 1): 70 N ajusté (Ordre 2): 76	Période: 1734-1819 Pearson: 0.339* Gleichlaufigkeit: 0.56 Test T: 3.184 Nb de cerne: 85 N ajusté (Ordre 1): 71 N ajusté (Ordre 2): 77
Nuvuk	NK1-6	Période: 1816-1915 ; 1857-1956 Pearson: 0.339* ; 0.331* Gleichlaufigkeit: 0.6 ; 0.51 Test T: 3.442 ; 3.356 Nb de cerne: 99 ; 99 N ajusté (Ordre 1): 53 ; 53 N ajusté (Ordre 2): 78 ; 78	Période: 1881-1980 Pearson: 0.313* Gleichlaufigkeit: 0.56 Test T: 3.163 Nb de cerne: 99 N ajusté (Ordre 1): 49 N ajusté (Ordre 2): 75	Période: 1546-1645 ; 1854-1953 Pearson: 0.343* ; 0.275* Gleichlaufigkeit: 0.56 ; 0.56 Test T: 3.486 ; 2.762 Nb de cerne: 99 ; 99 N ajusté (Ordre 1): 62 ; 62 N ajusté (Ordre 2): 84 ; 84	Période: 1719-1818 ; 1836-1935 Pearson: 0.392* ; 0.319* Gleichlaufigkeit: 0.56 ; 0.6 Test T: 4.025 ; 3.227 Nb de cerne: 99 ; 99 N ajusté (Ordre 1): 50 ; 50 N ajusté (Ordre 2): 77 ; 77
	NK1-23	Période: 1491-1655 Pearson: 0.293* Gleichlaufigkeit: 0.55 Test T: 3.814 Nb de cerne: 164 N ajusté (Ordre 1): 102 N ajusté (Ordre 2): 135	Période: 1819-1983 Pearson: 0.134 Gleichlaufigkeit: 0.52 Test T: 1.713 Nb de cerne: 164 N ajusté (Ordre 1): 87 N ajusté (Ordre 2): 123	Période: 1785-1949 Pearson: 0.229* Gleichlaufigkeit: 0.49 Test T: 2.954 Nb de cerne: 164 N ajusté (Ordre 1): 81 N ajusté (Ordre 2): 116	Période: 1817-1981 Pearson: 0.305* Gleichlaufigkeit: 0.52 Test T: 3.978 Nb de cerne: 164 N ajusté (Ordre 1): 82 N ajusté (Ordre 2): 121
	NK1-39	Période: 1841-1926 Pearson: 0.341* Gleichlaufigkeit: 0.55 Test T: 3.204 Nb de cerne: 85 N ajusté (Ordre 1): 58 N ajusté (Ordre 2): 71	Période: 1889-1974 Pearson: 0.262 Gleichlaufigkeit: 0.55 Test T: 2.43 Nb de cerne: 85 N ajusté (Ordre 1): 52 N ajusté (Ordre 2): 66	Période: 1835-1920 Pearson: 0.336* Gleichlaufigkeit: 0.49 Test T: 3.154 Nb de cerne: 85 N ajusté (Ordre 1): 49 N ajusté (Ordre 2): 63	Période: 1904-1989 Pearson: 0.334* Gleichlaufigkeit: 0.57 Test T: 3.134 Nb de cerne: 85 N ajusté (Ordre 1): 50 N ajusté (Ordre 2): 65
	NK1-44	Période: 1737-1801 Pearson: 0.425* Gleichlaufigkeit: 0.65 Test T: 3.517 Nb de cerne: 64 N ajusté (Ordre 1): 41 N ajusté (Ordre 2): 52	Période: 1920-1984 Pearson: 0.239 Gleichlaufigkeit: 0.6 Test T: 1.91 Nb de cerne: 64 N ajusté (Ordre 1): 36 N ajusté (Ordre 2): 48	Période: 1831-1895 Pearson: 0.446* Gleichlaufigkeit: 0.56 Test T: 3.712 Nb de cerne: 64 N ajusté (Ordre 1): 33 N ajusté (Ordre 2): 45	Période: 1901-1965 Pearson: 0.413* Gleichlaufigkeit: 0.56 Test T: 3.408 Nb de cerne: 64 N ajusté (Ordre 1): 34 N ajusté (Ordre 2): 47

**ANNEXE 4 :**

**Datations calibrées**

à l'aide du logiciel CALIB

\*To be used in conjunction with:  
Stuiver, M., and Reimer, P.J., 1993, Radiocarbon, 35, 215-230.

Labcode001

Description

**Radiocarbon Age 650±25**

Calibration data set: intcal09.14c

# Reimer et al. 2009

One Sigma Ranges: [start:end] relative area  
[cal AD 1289: cal AD 1308] 0.425795  
[cal AD 1361: cal AD 1386] 0.574205  
Two Sigma Ranges: [start:end] relative area  
[cal AD 1282: cal AD 1322] 0.45008  
[cal AD 1348: cal AD 1392] 0.54992

**Radiocarbon Age 660±25**

Calibration data set: intcal09.14c

# Reimer et al. 2009

One Sigma Ranges: [start:end] relative area  
[cal AD 1286: cal AD 1304] 0.495833  
[cal AD 1365: cal AD 1384] 0.504167  
Two Sigma Ranges: [start:end] relative area  
[cal AD 1280: cal AD 1318] 0.498773  
[cal AD 1352: cal AD 1390] 0.501227

**Radiocarbon Age 295±25**

Calibration data set: intcal09.14c

# Reimer et al. 2009

One Sigma Ranges: [start:end] relative area  
[cal AD 1523: cal AD 1560] 0.604948  
[cal AD 1561: cal AD 1572] 0.105221  
[cal AD 1630: cal AD 1647] 0.289831  
Two Sigma Ranges: [start:end] relative area  
[cal AD 1496: cal AD 1505] 0.01593  
[cal AD 1512: cal AD 1601] 0.684657  
[cal AD 1616: cal AD 1655] 0.299413

**Radiocarbon Age 405±25**

Calibration data set: intcal09.14c

# Reimer et al. 2009

One Sigma Ranges: [start:end] relative area  
[cal AD 1444: cal AD 1483] 1.  
Two Sigma Ranges: [start:end] relative area  
[cal AD 1437: cal AD 1515] 0.902196  
[cal AD 1598: cal AD 1617] 0.097804

**Radiocarbon Age 805±25**

Calibration data set: intcal09.14c

# Reimer et al. 2009

One Sigma Ranges: [start:end] relative area  
[cal AD 1220: cal AD 1257] 1.  
Two Sigma Ranges: [start:end] relative area  
[cal AD 1186: cal AD 1202] 0.042879  
[cal AD 1206: cal AD 1272] 0.957121

Ranges marked with a \* are suspect due to impingment on the end of the calibration data set

# PJ Reimer, MGL Baillie, E Bard, A Bayliss, JW Beck, PG Blackwell,  
# C Bronk Ramsey, CE Buck, GS Burr, RL Edwards, M Friedrich, PM Grootes,  
# TP Guilderson, I Hajdas, TJ Heaton, AG Hogg, KA Hughen, KF Kaiser, B Kromer,  
# FG McCormac, SW Manning, RW Reimer, DA Richards, JR Southon, S Talamo,  
# CSM Turney, J van der Plicht, CE Weyhenmeyer (2009) Radiocarbon 51:1111-1150.

**ANNEXE 5 :**  
**Accord du Comité pluri-facultaire d'éthique de la recherche  
de l'Université Laval**





Vice-rectorat à la recherche et à la création  
Comité d'éthique de la recherche

## APPROBATION DE L'ÉTHIQUE

Projet de recherche impliquant des êtres humains ou  
la consultation de renseignements personnels

Ce projet de recherche a été examiné en conformité avec les  
*Modalités de gestion de l'éthique de la recherche sur des êtres humains* de l'Université Laval,  
par le **Comité sectoriel plurifacultaire d'éthique de la recherche**

**Projet intitulé :** *Changements environnementaux et exploitation des  
ressources ligneuses par les paléo et néo-esquimaux au  
Nunavik*

**Nom de la chercheuse :** Madame Stéphanie Steelandt

**Nom de la directrice de  
recherche :** Madame Najat Bhiry

**Numéro d'approbation :** 2011-115 / 16-05-2011

**Date de décision :** 16-05-2011

**Date d'expiration  
de l'approbation :** 01-06-2012

Après examen des informations et des documents qui lui ont été transmis, le Comité a constaté que ce projet respecte les principes d'éthique de la recherche avec des êtres humains. Il prend acte de la confirmation écrite de la chercheuse à l'effet qu'elle a pris connaissance des mesures de suivi<sup>1</sup> associées à l'émission de l'approbation éthique de son projet et qu'elle accepte de les appliquer. Par conséquent, le Comité approuve ce projet pour un an.



Comité plurifacultaire d'éthique de la recherche

20.05.2011

Date

<sup>1</sup> Rappel des mesures de suivi au verso

## MESURES DE SUIVI ASSOCIÉES À L'APPROBATION ÉTHIQUE

Pour le projet intitulé : Changements environnementaux et exploitation des ressources ligneuses par les paléo et néo-esquimaux au Nunavik (numéro de dossier : 2011-115)

1. Informer le Comité par écrit et dans les meilleurs délais (indépendamment du calendrier de ses réunions statutaires) des situations suivantes si elles se présentent :
  - de **toute modification au projet**, comme il a été approuvé en ce jour, qui comporterait des changements dans le choix des participants, dans le recrutement, dans la manière d'obtenir leur consentement, de réaliser la collecte des données ou encore, dans les risques ou inconvénients encourus par la participation, et ce, préalablement à l'application de ce changement (modèle de lettre de demande d'amendement disponible sur le site Internet des CÉRUL);
  - de **toute modification** qui serait apportée à un **instrument utilisé pour le recrutement** (annonces, affiches, etc.), confirmer le **consentement** (formulaire de consentement, feuillet d'information, etc.) ou effectuer la **collecte** des données (questionnaire, grille d'entrevue, etc.) en fournissant la nouvelle version du document concerné, où les modifications auront été mises en évidence, préalablement à son utilisation;
  - de **tout événement imprévu et sérieux** (ex. : détresse psychologique d'un participant, menace proférée à l'égard d'une personne, effets secondaires ou imprévus ou indésirables d'un produit, d'un médicament ou d'un test, etc.) qui surviendrait dans le déroulement d'une activité du présent projet et qui impliquerait un participant, en complétant le formulaire VRR-EI disponible sur le site Internet des CÉRUL;
  - de **l'interruption prématurée de ce projet de recherche** pour une raison quelconque, qu'il soit financé ou non, y compris en raison de la suspension ou de l'annulation d'approbation d'un organisme subventionnaire.
2. Tant que le recrutement ne sera pas terminé, présenter annuellement une **demande de renouvellement** de l'approbation, en fournissant un rapport sur le déroulement de la recherche, le nombre de participants recrutés et, le cas échéant, sur les difficultés rencontrées en cours de réalisation. à l'aide du formulaire VRR-107 qui doit être transmis au Comité dans un délai de 2 à 3 semaines avant la date de fin de l'approbation.



**ANNEXE 6 :**  
**Communiqué pour le recrutement**



## RECRUITMENT

This is to inform you that a research project will be going on from June 15<sup>th</sup> to August 15<sup>th</sup> in three villages of Nunavik: Ivujivik, Inukjuak and Umiujaq. This project is entitled **“Environmental change and exploitation of wood resources by Paleo and Neo-Eskimos in Nunavik”** and is being conducted by Stéphanie Steelandt of geography from Laval University as part of her PhD thesis. This project is under the supervision of Dr Najat Bhiry (Ph.D Geography) and Dr Dominique Marguerie (Ph.D Dendrochronology).

We are now seeking participants for semi-guided interviews. The participants will be invited to answer questions and to give his or her personal opinion about four main thematic:

- 1) Environmental changes and their impact on the availability of wood in Nunavik
- 2) Origin of present and fossil woods collected on the beaches and in archaeological sites
- 3) Using of wood in Nunavik
- 4) Inuit cultural and ecological knowledge

For this study, the informants (male and female) that we are looking for are in priority elders, people using driftwood or woods in their daily, hunter or people who want to share their experiences about environmental changes and exploitation of wood in Nunavik. The participants have to be over 18 years old. One payment of \$25 per hour will be made at the end of the interview.

If you are interested to participate in this project, you can contact Stephanie Steelandt at the following email address: [stephanie.steelandt.1@ulaval.ca](mailto:stephanie.steelandt.1@ulaval.ca)

« Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche de l'Université Laval : N° d'approbation 2011-115 / 16-05-2011 ».

**ANNEXE 7 :**  
**Exemple de lettre aux mairies**

**Subject :** research in Ivujivik

████████████████████

**ANNEXE 8 :**  
**Formulaire de confidentialité**





**ANNEXE 9 :**  
**Formulaire de consentement**



ИДРД'бс-а-а-а  
Institut culturel Avataq  
Avataq Cultural Institute

Conditions of participation:

- I understand that I am free to withdraw my consent and discontinue my participation at anytime without negative consequences.
- I understand that my participation in this study is: (please check one of the two options)
  - ☐ CONFIDENTIAL (the researcher will know, but will not disclose my identity in study results)
  - ☐ NON-CONFIDENTIAL (my identity will be revealed in study results)
- I understand that my interview will be (please check the right option)
  - ☐ Audio and video registered
  - ☐ Audio registered only
  - ☐ Not registered
- I understand that the data from this study may be published.

**Signatures:**

I, undersigned \_\_\_\_\_, freely consent to participate in the research entitled **“Environmental change and exploitation of wood resources by Paleo and Neo-Eskimos in Nunavik”**.

I have carefully read this form and understand the purpose, procedures, risks and benefits of this research project. I am satisfied with the additional information the researcher provided to me, if necessary.

Signature of participant \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

Specific consent regarding the broadcasting of the video data:

The videos might be posted for a general public interested in environment and native studies.

I, undersigned \_\_\_\_\_, freely consent to be video registered and I understand that the video data might be broadcasted.

Signature of participant \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

A short summary of the results will be sent to the participants making the request by giving the address where they would like to receive the document. The results will not be available until March 2012. If this address changes before this date, you are invited to inform the researcher of the new address where you would like to receive the document.

The address where I would like to receive a short summary of the research results:

\_\_\_\_\_  
I have explained the purpose, risks and benefits of the research project. I answered to the questions asked to the best of my knowledge and I verified the participant comprehension.

Signature of researcher \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

**Complaint or criticism:**

Any complaint or criticism should be addressed to the Ombudsman of Laval University:

Pavillon Alphonse-Desjardins, bureau 3320  
2325, rue de l'Université  
Université Laval  
Québec (Québec) G1V 0A6  
Information: (418) 656-3081  
Toll-free : 1-866-323-2271  
Fax : (418) 656-3846  
Email : [info@ombudsman.ulaval.ca](mailto:info@ombudsman.ulaval.ca)

« Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche de l'Université Laval : N° d'approbation 2011-115 / 16-05-2011 ».



**ANNEXE 10 :**  
**Guide d'entretien**

## **INTERVIEW GUIDE**

### **Environmental change and exploitation of wood resources by Paleo and Neo-Eskimos in Nunavik (Low-Arctic of Quebec, Canada)**

#### **Participant identification**

Name:

Age:

Sex:

For how long have you been living in this village?

Where did you live before?

Did your parents live here too?

If no, where did they live?

#### **I. Environmental changes and their impact on the availability of wood in Nunavik**

I would like to talk to you about environmental changes and wood resources in Nunavik. Do you have something to say about the availability of wood and driftwood in the region?

1. Do you get wood or driftwood in the region? If yes, can you show me where are these areas on the map (Figure 1, 2, 3 or 4)? What are the best areas to find driftwood?
2. About their quantities and qualities on the different areas :
  - a) Can you evaluate how much (a little bit, a lot of...?).
  - b) Do you know what species are these woods or driftwoods?
3. Was it the same in the past?
  - a) Do you think that availability and quantities of driftwood have changed (more or less driftwood before that today)?
  - b) Do you think that qualities and species of wood have changed?
4. Do you know when driftwood arrives in the region? Do you wait for it?  
Was it the same for your ancestors?
5. Did you notice any changes in the trees or vegetation surrounding the region?  
If yes, could you describe them? What are the causes of these changes for you?
6. Have you notice some effects of climate changes?

## **II. Origin of woods collected on the beaches and in archaeological sites**

One of purposes of this study is to determine the origin of driftwood and archaeological wood.

7. Do you have an idea about where the driftwood comes from?
8. Today, do people pick up driftwood?  
If yes, where do they usually go to collect them? Why do they go there? How do they transport the biggest woods?
9. Today, do people go cut trees?  
If yes, where do they usually go? Why do they go there? How do they transport them? When is the best time of the year to go logging?
10. What about archaeological woods?
  - a) Do you think your parents and ancestors went to the same place than today to collect wood or driftwood?
  - b) These woods have been found in archaeological sites in Drayton Island (Figure 5): Do you think these woods are driftwoods or do you think that your parents and ancestors fetched them from living trees ?
  - c) If these woods come from living trees, how do you think they were transported?
11. Do you think it is possible to differentiate driftwood with local wood (texture, size)?

## **III. Using of wood in Nunavik**

Now, I would like to talk to you about the use of wood resources in the Nunavik.

12. Why do you use driftwood today? Do you use it to make any object, fire?  
If yes, do you have some examples? Could you easily do without?
13. Same questions for local trees or living trees cut at the forest limit:  
Why do you use local or living trees? Do you use it to make any object, fire?  
If yes, do you have some examples? Could you easily do without?
14. Do people use mostly driftwood or do they go to cut living trees in the forest limit?  
Why? Do you know what species of trees are the more cut? For what use?  
If yes, do you think it was the same for your parents and ancestors?



15. Archeologists found these woods in semi-subterranean dwelling on an archeological site on Drayton Island (Figure 4) and suppose it were used for roof structure. Can you tell me more about that? Do you know what species was mainly used to build semi-subterranean dwelling?

16. Do you know if there is or there was a selection for wood (species, stump, trunk, branch...) to make some objects (spoon, statue, boat, house, heating...)(Figure 6)?

#### IV. Inuit cultural and ecological knowledge

17. Do you think that your kids/grandkids have the same vision of the environment than people of your generation?

18. What is your opinion on environmental research in Nunavik?  
What do you think is the role of Inuit in environmental research?

19. Do you think that researches on driftwood and archaeological woods allow the appropriation of a part of your history?

20. Do you know some stories about wood?

21. Do you have something more to say or an experience to share about environmental changes and wood exploitation in Nunavik?

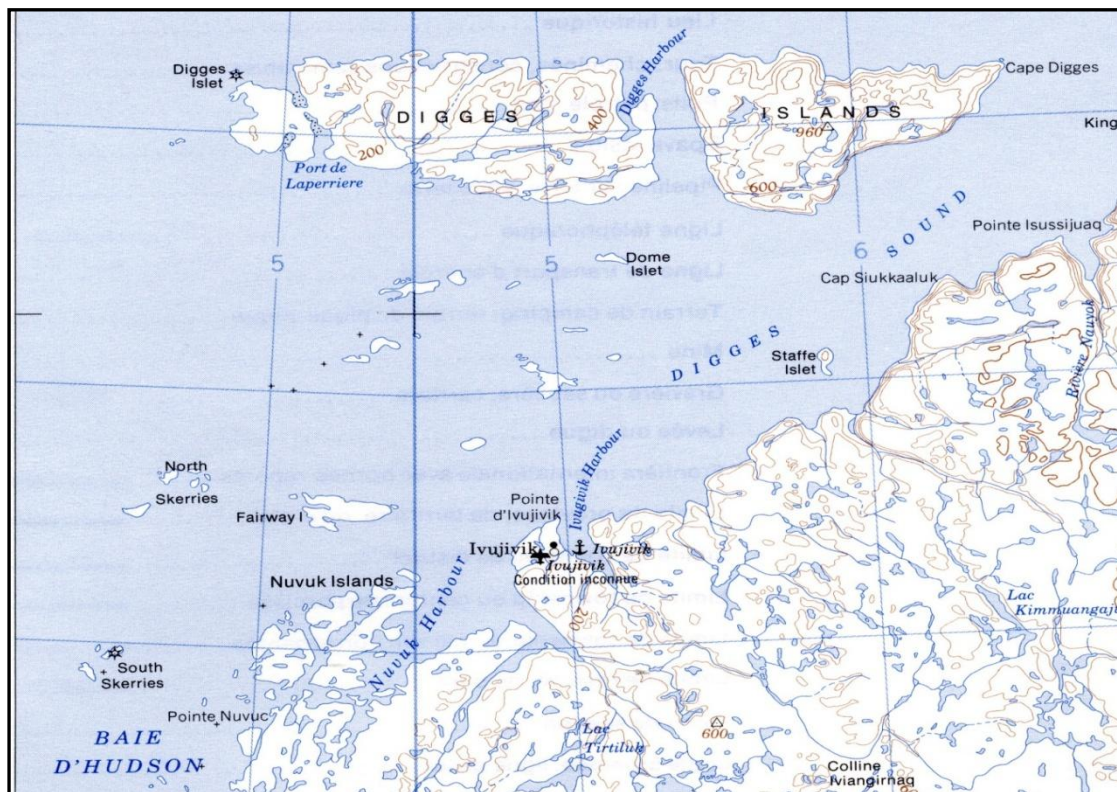


Figure 1. Map of Ivujivik and its surroundings



Figure 2. Map of Akulivik and its surroundings



Figure 3. Map of Inukjuak and its surroundings









Figure 5. Wood from a roof structure of a semi-subterranean dwelling on IbGk-3 site in Drayton Island (Desrosiers, 2008)



Figure 6. Different parts on a driftwood



## **ANNEXE 11 :**

**Exemple de photo de bois flottés présentés aux participants**





**ANNEXE 12 :**  
**Contrat pour l'interprète**



## CONTRACT FOR INTERPRETER

**1- BETWEEN:**

Avataq Cultural Institute  
215, Redfern Ave, suite 400  
Westmount, Qc, H3Z 3L5

**Avataq**

**AND:**

Name: \_\_\_\_\_

**The Contractor**

Address: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Phone: \_\_\_\_\_

SIN: \_\_\_\_\_

**2- POSITION:**

INTERPRETER

Under the supervision of the Field Supervisor, The Contractor will have to perform the following task:

- Act as an interpreter during interviews with elders.

**3- DURATION:**

On request, depending on the schedule of the interviews (see timesheets attached)

Total of hours: \_\_\_\_\_

**4- SALARY:**

\$ 20 per hour

**Schedule for payment:**

- One payment will be made at the end of the contract

Paid by: ☐ Check by mail or ☐ Money Transfer to Coop account number:

\_\_\_\_\_or ☐ CIBC, Kuujjuaq Branch, account number: 00-0485 010

\_\_\_\_\_.

**5- TERMS OF THE CONTRACT:**

- 6.1- The Contractor shall be available during the whole duration of the contract, including weekends;
- 6.2- The Contractor will be paid for hours done upon presentation of a timesheet;
- 6.3- The Contractor hereby authorizes Avataq to make audio and video recordings during the interviews and waives any right to compensation for any use of this material. Avataq shall in no case use the video and audio material for monetary gain;
- 6.4- The Contractor cannot hire a substitute to perform the tasks listed above without the authorization of the field supervisor;
- 6.5- Avataq will not pay for any charge or equipment that The Contractor may have engaged without the prior consent of the Field Supervisor;
- 6.6- Avataq shall not be liable for any injury or damage (including death) of the Contractor or for loss of or damage to its propriety in any manner based upon, occasioned by or in any way attributable to the Contractor services under this contract, unless such injury, loss or damage is caused by the negligence of an employee, servant or agent of Avataq while acting within the scope of his employment;
- 6.7- The following offences are considered very seriously and cause immediate dismissal:
  - a) Consumption of alcoholic beverages or illegal drugs;
  - b) Work under the influence of alcohol or drugs;
  - c) Any type of harassment of co-worker or third person with whom The Contractor deals with;
  - d) Stealing from Avataq, co-worker or third person with whom The Contractor deals with.
- 6.8- Except the serious offenses listed above, Avataq may dissolve the contract with two-week notice;
- 6.9- The Contractor may submit a resignation with two-week notice. If the Contractor resigns before the duration of this contract without giving a two week notice, he shall compensate for the loss caused by its resignation.

## 7. DECLARATION:

[illegible]

I have read the terms of this contract and accept it.

## The Contractor

Signature: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

## Avataq

Field supervisor: \_\_\_\_\_ Signature: \_\_\_\_\_  
Date: \_\_\_\_\_

## Witness

Witness name: \_\_\_\_\_ have read the terms of this contract and witnessed the signature and acceptance of this contract.

Signature: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_



**ANNEXE 13 :**  
**Tableaux des pesées**

Echantillons		Masse saville vide (g)	Masse saville plein (g)	Me : Masse ech (g)	M1 : Masse ech.+ HNO3 (0.37g)	D1 : M1/Me	M ech. dans D2 (g)	D2 : 0.2 g Indium + D1 + HNO3 (0.37N)	Dilution 1	Dilution 2	Dilution Totale
<i>Salix sp.</i>											
Flotté	SS-1a	38.61594	38.75898	0.14304	40.49184	283.080537	5.31404	20.1765	283.08	3.95	1116.05
Flotté	SS-3a	55.64585	55.78122	0.13537	39.95349	295.142868	5.73144	20.27464	295.14	3.67	1091.6
Non flotté	SS-1b	55.56658	55.70929	0.14271	39.50156	276.79602	5.38429	20.03268	276.8	3.87	1083.36
Non flotté	SS-3b	55.76743	55.97352	0.20609	40.15501	194.842108	3.72060	20.10252	194.84	5.71	1124.78
<i>Alnus sp.</i>											
Flotté	SS-4a	55.6369	55.80627	0.16937	39.51107	233.282577	4.34855	20.17574	233.28	4.87	1135.56
Flotté	SS-5a	55.65826	55.80599	0.14773	40.62995	275.02843	5.51848	20.17206	275.03	3.79	1039.55
Non flotté	SS-4b	38.24567	38.43053	0.18486	40.45776	218.856216	3.79261	20.35764	218.86	5.67	1227.05
Non flotté	SS-5b	55.77374	55.9393	0.16556	39.9313	241.189297	4.64730	20.93831	241.19	4.71	1117.4
<i>Picea sp.</i>											
Flotté	SS-7a	32.28895	32.44943	0.16048	40.053778	249.58735	5.56624	20.4979	249.59	3.68	919.12
Flotté	SS-8a	19.79854	19.95166	0.15312	40.07248	261.706374	6.09277	20.3085	261.71	3.33	872.32
Non flotté	SS-7b	17.17948	17.34539	0.16591	41.1072	247.768067	7.60387	22.87754	247.77	3.01	745.45
Non flotté	SS-8b	20.1603	20.31297	0.15267	40.24866	263.631755	5.98268	21.56868	263.63	3.61	950.44
<i>Larix sp.</i>											
Flotté	SS-9a	20.22377	20.37789	0.15412	40.21836	260.95484	6.09552	22.34263	260.95	3.67	956.51
Flotté	SS-10a	20.07644	20.22775	0.15131	40.2762	266.183332	6.44902	21.79389	266.18	3.38	899.54
Non flotté	SS-9b	17.04153	17.19876	0.15723	40.04751	254.706545	5.37986	21.73658	254.71	4.04	1029.11
Non flotté	SS-10b	20.08633	20.24723	0.1609	40.07441	249.064077	5.76337	22.0552	249.06	3.83	953.12
<i>Bois archéologiques du site IbGk-3 (Drayton, Inukjuak)</i>											
<i>Picea sp.</i>	SS-1770	20.0.6420	0.15304	0.15304	40.25722	263.050314	5.21447	22.02932	263.05	4.22	1111.3
<i>Salix sp.</i>	SS-1727	20.30897	20.46367	0.1547	40.22598	260.025727	6.47759	20.12739	260.03	3.11	807.96
<i>Test (conifères et bois archéologiques)</i>											
	SS-TLa	20.27657	20.38591	0.10934	40.49304	370.340589	5.75233	20.30619	370.34	3.53	1307.33
	SS-TLb	17.19376	17.29965	0.10589	40.98773	387.078383	5.43723	20.66529	387.08	3.8	1471.17
<i>Test (feuillus)</i>											
	SS-TLa	39.12541	39.27714	0.15173	40.08524	264.187966	4.29258	20.20202	264.19	4.95	1345.67
	SS-TLb	39.10969	39.28779	0.1781	41.38041	232.34368	4.58097	20.5037	232.34	4.68	1083.29
<i>Blancs</i>											
	Blc 1	32.93224			40.33939		10.09041	20.22865	1	2.05	2.07
	Blc 2	32.53231			39.75759		10.86731	20.29311	1	1.9	1.91

## **ANNEXE 14 :**

**Concentrations de tous les cations dans les bois flottés,  
non flottés et archéologiques analysés**

